

Иван Топузов, Ленче Николовска, Тоше Крстев, Данче Василева,
Тамара Страторска



КИНЕЗИОЛОГИЈА СО ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА И ПАТОБИОМЕХАНИКА



Штип, 2018

Иван Топузов
Ленче Николовска
Тоше Крстев
Данче Василева
Тамара Страторска

КИНЕЗИОЛОГИЈА СО ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА И
ПАТОБИОМЕХАНИКА

Автори: проф. д-р Иван Топузов, доц. д-р Ленче Николовска; доц. д-р Тоше Крстев;
доц. д-р Данче Василева; Тамара Страторска

НАСЛОВ НА ПУБЛИКАЦИЈАТА
КИНЕЗИОЛОГИЈА СО ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА И ПАТОБИОМЕХАНИКА

Рецензенти:

проф. д-р Милка Здравковска
проф. д-р Светлана Јовевска

Лектор:

Слаѓан Спасовски

Уредник:

доц. д-р Данче Василева

Техничко уредување:

доц. д-р Данче Василева

Издавач:

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Објавено во е-библиотека:

<https://e-lib.ugd.edu.mk>

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

612.76(075.8)

612.76.087.1(075.8)

КИНЕЗИОЛОГИЈА со патокинезиологија и патобиомеханика

[Електронски извор] : учебник / [автори Иван Топузов ... и др.]. - Штип

: Универзитет "Гоце Делчев"-Штип, Факултет за медицински науки, 2018

Начин на пристап (URL): <https://e-lib.ugd.edu.mk/747>. - Текст во PDF
формат, содржи 148 стр., илустр. - Наслов преземен од екранот. - Опис на
изворот на ден 08.08.2018. - Биографски податоци: стр. 146-147.

Библиографија: стр. 142-145

ISBN 978-608-244-545-8

1. Топузов, Иван [автор] 2. Николовска, Ленче [автор] 3. Крстев, Тоше
[автор] 4. Василева, Данче [автор] 5. Страторска, Тамара [автор]

а) Кинезиологија - Високошколски учебници б) Биомеханика на движењето -
Високошколски учебници

COBISS.MK-ID 107990282

УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП

ФАКУЛТЕТ ЗА МЕДИЦИНСКИ НАУКИ



Автори:

проф. д-р Иван Топузов
доц. д-р Ленче Николовска
доц. д-р Тоше Крстев
доц. д-р Данче Василева
Тамара Страторска

КИНЕЗИОЛОГИЈА СО ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА И ПАТОБИОМЕХАНИКА

Учебник

Штип, 2018

ПРЕДГОВОР

Наједноставната форма на движење - механичката - може да се појави насекаде. Таа се открива во сите форми на движење. Колку е повисока формата на движење, толку (релативно) е помал делот на механичката. Пониските форми на движење се вклучуваат во повисоките, но тоа не значи дека претставуваат севкупност од пониските. Тие имаат своја специфика и во нив ниските форми на движење се појавуваат различно, отколку во својата чиста форма. Поради таа причина изучувањето на високата форма на движење не може да биде сведено на изучување на поелементарните форми што ја составуваат.

Движењето за човекот има огромно значење – ја променува околната средина и на тој начин човекот се „променува“ и самиот себе си – се усовршува човечкиот организам, а пред сè свеста.

Создавањето на учебникот Кинезиологија со патокинезиологија и патобиомеханика се должи на суштинското значење на кинезиологијата и патокинезиологијата во целосниот алгоритам на лекување на пациенти со трауматични, ортопедски, ревматски, кардиоваскуларни, респираторни и невролошки заболувања. Кинезиологијата и патокинезиологијата како интегрални науки комбинираат познавања од различни области – анатомија, биомеханика, физиологија и медицина.

Предметот Кинезиологијата со патокинезиологијата и патобиомеханика е фундаментален, затоа што ги содржи најважните и најнеопходните теоретски и практично-апликативни знаења и вештини за професионална реализација на идните дипломирани физиотерапевти. Тоа е основната задача на учебникот – да даде продлабочени познавања на студентите што ќе им послужат во нивната понатамошна едукација во специјалните дисциплини и во нивниот научно-практичен развој.

Од практична гледна точка, кинезиологијата и патокинезиологијата се во основата на градењето на современите физиотерапевтски и други функционално-рековалесцентни програми. Продлабочените познавања за нормалните кинезиолошки карактеристики на сегментите во локомоторниот апарат се предуслов за правилна патокинезиолошка анализа на промените што настануваат како резултат на различни заболувања и повреди.

Учебникот Кинезиологија со патокинезиологија и патобиомеханика може да им користи и на сите останати читатели кои се интересираат за основните и современи погледи на кинезиологијата на човекот и карактеристичните патокинезиолошки промени кои што настануваат како резултат на повреди и заболувања.

Од авторите

СОДРЖИНА

ВОВЕД.....	8
I. ОСНОВИ НА КИНЕЗИОЛОГИЈА.....	8
I. 1 ОСНОВИ НА БИОМЕХАНИКА И КИНЕЗИОЛОГИЈА.....	8
I. 2 РАМНОТЕЖА НА ТЕЛАТА.....	15
I. 3 АНАТОМСКИ ЛОСТОВИ.....	17
I. 4 АНАТОМСКО-ФИЗИОЛОШКИ ОСНОВИ НА МУСКУЛИТЕ.....	20
I. 5 УЛОГА НА ГРАВИТАЦИЈАТА НА ЧОВЕЧКИТЕ ДВИЖЕЊА.....	28
I. 6 ВЕРТИКАЛНА ПОЗА, ИЗПРАВЕНО СТОЕЊЕ.....	28
I. 7 КОМПЕНЗАТОРНИ И ЗАМЕНСКИ ДВИЖЕЊА.....	31
I. 8 МОТОРНИ АКТИВНОСТИ НА ЧОВЕКОВОТО ТЕЛО.....	32
II. ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА.....	36
II. 1 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА НА 'РБЕТЕН СТОЛБ.....	36
II. 2 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА НА ГРАДЕН КОШ.....	44
II. 3 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА НА РАМЕНСКИ КОМПЛЕКС.....	50
II. 4 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА НА ЛАКОТЕН КОМПЛЕКС.....	67
II. 5 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА НА РАЧЕН ЗГЛОБ И ДЛАНКА.....	77
II. 6 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА НА КАРЛИЦА.....	93
II. 7 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА НА КОЛЕНО.....	106
II. 8 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА НА СТАПАЛО.....	120
КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА.....	142

ВОВЕД

Преку големата разновидност на формите на движење и на телата што се движат, се разликува движењето на човекот. Тоа е едно од најсложените појави во природата, не само поради сложените функции на органите на движење, туку и поради фактот што врз него силно влијае и свеста – функција на највисокоорганизираната материја – човечкиот мозок.

Моторната активност на човекот се остварува преку моторните дејства во кои се вклучени многубројни заемно сврзани движења. Таа е една од најсложените појави во природата и е осознаена и насочена активност на човекот. Се извршува со произволни, активни движења, предизвикани и управувани од работата на мускулите.

Кинезиологијата и патокинезиологијата како интегрални науки коишто комбинираат знаења од различни дисциплини (анатомија, физиологија, медицина) се важен извор на фундаментални знаења во однос на други дисциплини коишто ги изучуваат мускулно-скелетниот и невро-мускулниот систем - ортопедија и трауматологија, неврологија, кинезитерапија, физиотерапија и др.

Од практична гледна точка, кинезиологија, патокинезиологијата и биомеханиката се во основата на градењето на функционално-рековалесцентни програми.

Резултатите од патокинезиолошката анализа, од своја страна, ги утврдуваат основните функционално-рековалесцентни цели и задачи, индивидуално кај секој пациент.

Патокинезиолошкиот пристап при совладување на моторниот дефицит дава можност да се лекува конкретниот пациент, а не нозологијата. На тој начин се избегнува рутинскиот и неефикасен пристап за спроведување на комплекси од вежби и се дава можност за изработка на соодветна и индивидуално-адаптирана физиотерапевтска програма. Во тој контекст познавањата по кинезиологија, патокинезиологија и патобиомеханика се многу важни за специјалистите коишто работат во областа на физиотерапијата, кинезитерапијата и рехабилитацијата.

I. ОСНОВИ НА КИНЕЗИОЛОГИЈА

I. 1. ОСНОВИ НА БИОМЕХАНИКА И КИНЕЗИОЛОГИЈА

Кинезиологијата е наука која ги изучува движењата на локомоторниот апарат на човекот, користејќи ги познавањата по биомеханика, мускулно-скелетна анатомија и неврофизиологија, ги анализира движењата и позите на телото како целина, но и на одделни сегменти. Потеклото на зборот кинезиологија е од грчкиот збор *kinesis*-движење и *logos*-наука. Функцијата на мускулно-скелетниот систем од многу аспекти наликува на жива машина. Затоа при изучувањето на кинезиологијата треба да се земат предвид силите кои ги предизвикуваат човечките движења.

Механиката е дел од физиката кој ги изучува силите и движењата кои тие ги предизвикуваат.

Биомеханиката е термин прифатен кон крајот на 70-те години на 20-от век и се дефинира како науката која што ги изучува биолошките системи од механичка гледна точка. Оваа наука ги користи законите на механиката за изучување и анализирање на анатомско-функционалните особини на живите организми. Човечката дејност при определени услови бара користење на различни приспособувања - бастуни, патерици, протези и др., и затоа биомеханиката ги изучува и нивните механички карактеристики. Биомеханиката ги анализира статичните (оние кои се наоѓаат во мирување) и динамичните (оние кои се во движење) системи, сврзани со различни моторни активности.

Динамичките системи имаат *кинетицки* и *кинематички* карактеристики. *Кинетиката* е дел од механиката која ги разгледува силите кои ги предизвикуваат движењата т.е. го разгледува дејството на силите во и спрема биолошките системи. *Кинематиката* ги разгледува движењата со нивната просторно-временска карактеристика (правец, траекторија, брзина), без да ги анализира силите кои што ги предизвикуваат.

Кинематиката на локомоторниот апарат може условно да се подели на *остеокинематика* и *артрокинематика*. *Остеокинематиката* го разгледува начинот на кој коските се движат една спрема друга, без да се зема предвид поместувањето меѓу зглобните површини, на пример, флексија или екстензија во рамениот зглоб. *Артокинематиката* го разгледува лизгањето на зглобните површини една спрема друга при движење.

Кинематика и анализа на движењата

Човековото тело е активна и постојано движечка структура. Континуирано се променува како заземаната поза, така и меѓусебната достапност на одделните сегменти. Правилната и точна анализа на движењата и позите бара прецизирање и стандардизирање на соодветните поими и терминологија.

Анатомската (неутрална) положба (сл.1.1) е условно земана положба спрема која се земаат предвид различните движења. Таа претставува стоење со исправена глава, поглед насочен напред, опуштени горни екстремитети покрај телото со дланки насочени напред и паралелно поставени стапала на ширина на карлицата.

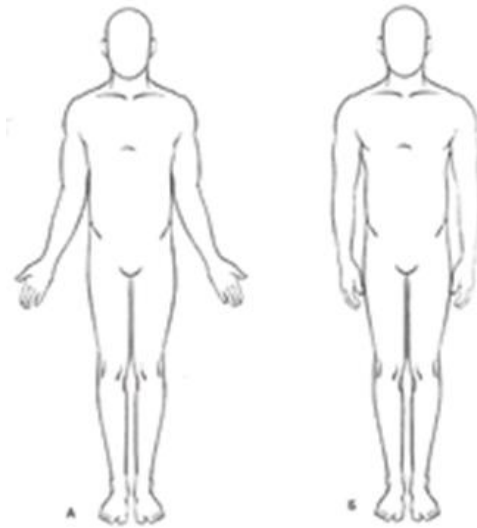
Напред насочените дланки не спаѓаат во природното стоење на човекот, но даваат можност за правилно евалуирање на флексијата и екстензијата во дланките.

Нормално, при стоење, дланките се насочени кон телото кое се нарекува основна позиција (основно стоење). Од оваа положба се евалуираат ротаторните движења на подлактицата (пронација и супинација).

Диспозицијата и движењата на одделните сегменти се обележуваат со следните термини:

- Вентрален (anterior) – кон лицевата страна на телото;
- Дорзален (posterior) - кон грбната страна на телото;
- Медиален – кон средната линија на телото;
- Латерален – оддалечен од средната линија на телото;
- Дистален – оддалечен од тораксот;
- Проксимален – близу до тораксот;

- Краниален (superior) – близу до главата;
- Каудален (inferior) - близу до стапалата (кај човекот);
- Површински (superficialis);
- Длабок (profundus).



Сл.1.1 Анатомската (неутрална) положба

Видови на движења

Видот на извршеното од дадено тело движење во просторот се определува од тоа дали тоа се движи слободно или има неподвижна потпорна точка. Слободното движење на телата во просторот се нарекува транслаторно (линеарно) движење. Кај таквото движење, телото се поместува како целина, т.е. сите точки од него се поместуваат по некаква траекторија и поместувањето се мери во линеарни метри.

Во зависност од траекторијата на поместувањето, линеарните движења се определуваат како:

- *праволиниски* (движење по права линија) и
- *криволиниски* (движење по крива линија).

Кога телото има потпорна точка може само да се врти околу неа. Тогаш сите точки од телото, со исклучок на потпорната, го опишуваат лакот на кругот. Тој тип на движење се нарекува *ротаторно* или *аголно* и поместувањето се мери во аголни степени.

Многу често движењата се комбинирани, со линеарна или ротаторна компонента. На пример, одделни сегменти на дадено тело можат да се движат ротаторно помеѓу себе така што предизвикуваат целосно транслаторно движење. Во локомоторниот апарат на човекот превладуваат ротаторните движења во зглобовите, коишто во комбинација предизвикуваат целосно транслаторно поместување на телото или екстремитетите. На пример, телото при одење транслаторно се поместува напред, но движењата во зглобовите на долните екстремитети се ротаторни.

Анатомски рамнини

Човековото тело постои во тридимензионалниот простор и има три основни рамнини:

- *сагитална*,
- *фронтална*,
- *трансверзална*.

Сагиталната (предно-задна) рамнина го дели телото на лева и десна половина.

Фронталната (лицева) рамнина го дели телото на предна и задна половина.

Трансверзалната (напречна) рамнина го дели телото на горна и долна половина.

При стоење во анатомска положба, трите условни рамнини се пресекуваат во

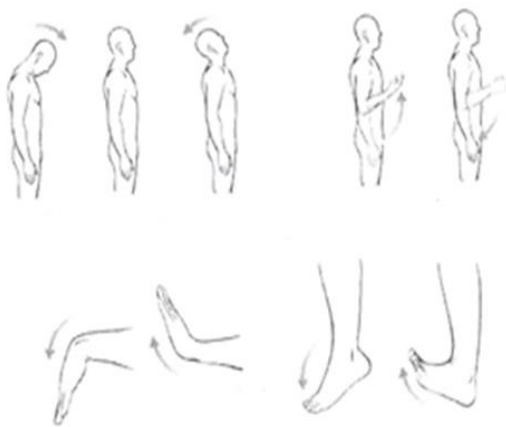
точка која одговара на општиот центар на тежината (ОЦТ) на телото. Движењата на човековото тело се еволуираат условно спрема трите основни рамнини од анатомска положба.

Основните движења во сагиталната рамнина се нарекуваат *флексција* и *екстензија* (Сл.1.2).

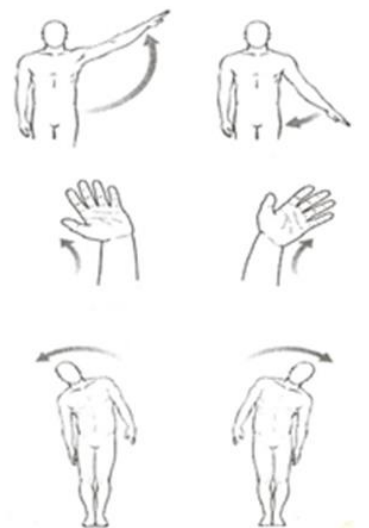
Флексијата е движење кое предизвикува приближување и намалување на аголот меѓу коските. Како правило ова движење е вентрално насочено, со исклучок на флексијата во коленото и глуждот, која е дорзално насочена. Движењето флексција на стапалото е насочено плантарно и затоа во праксата се нарекува како плантарна флексција. Флексијата на тораксот и главата уште се нарекува и како преден наклон.

Екстензијата е дорзално насочено движење, обратно на флексијата (кај коленото и глуждот е вентрално насочено). Екстензијата на глуждот уште се нарекува и дорзална флексција, а екстензијата на тораксот и главата – заден наклон.

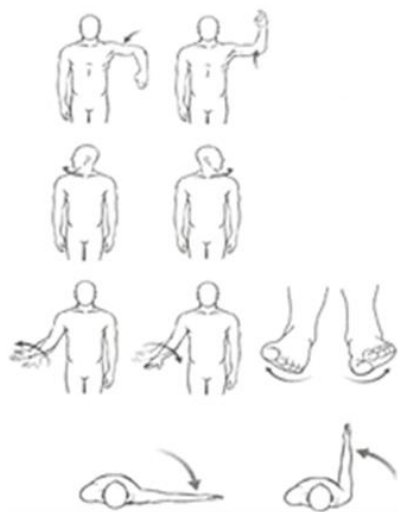
Основните движења во фронталната рамнина се насочени кон оддалечување од телото (*абдукција*) или доближување кон телото (*аддукција*) (сл.1.3). Движењата на 'рбетот и главата во фронтална рамнина се симетрични и затоа се нарекуваат латерални наклонувања (на лево или на десно). Во праксата, абдукцијата на раката во рачните зглобови се нарекува *радијална диверзија*, а аддукцијата - *улнарна диверзија*.



Сл.1.2 Флексција и екстензија



Сл.1.3 Абдукција и аддукција, улнарна и радиална диверзија, странични наклонувања



Сл.1.4 Ротации, пронација и супинација, хоризонтална флексција (хоризонтална аддукција) и хоризонтална екстензија (хоризонтална абдукција).



Сл.1.5 Циркумдукција

Во трансверзалната рамнина се извршуваат ротаторни движења - *надворешна и внатрешна ротација* (Сл.1.4). Ротаторните движења на подлактицата и стапалото се нарекуваат *супинација и пронација*. При супинација дланката на раката и соодветно плантарната површина на стапалото се насочуваат кон телото, додека при пронација се насочуваат спротивно на телото. Ротаторните движења на 'рбетот и главата се симетрични и се нарекуваат ротации на лево или десно.

Во трансверзалната рамнина се извршуваат *хоризонтална флексија* (хоризонтална аддукција) и *хоризонтална екстензија* (хоризонтална абдукција) на надлактицата и колкот. Овие движења се извршуваат при 90° флексија во рамениот зглоб и колкот.

Кога дадено движење се извршува комбинирано во неколку рамнини се нарекува циркумдукција (Сл.1.5). Циркумдукцијата е карактеристична за зглобовите со повеќе од 1 степен слобода на движење.

Кинетика и анализа на силовите влијанија

При секојдневните моторни активности, човековото тело генерира внатрешни сили и е изложено на дејството на различни надворешни сили. Надворешните сили на триење и гравитација го потпомагаат дејството на силите, кои се генерираат од мускулите при одење и фаќање на различни предмети. Вежбањето на спортска активност бара примена на силовото дејство врз топки, палки, врз противник, како и амортизирање и неутрализирање на надворешното силово дејство од примање на топката, приземјување, од дејство на противникот при контактни спортови. За целосно да се разбере ефектот од дејството на силите врз телото треба да се прецизираат основните поими - *маса, инерција, тежина, притисок, обем, цврстина, специфична тежина, вртежен момент и импулс*.

Масата се определува од количината материја, која што ја изградува даден објект. Единицата за мерење на масата е килограм.

Инерција е способност на објектот да се спротивставува на надворешно дејство, т.е. способност да се зачува состојбата на движење или мирување. Лежечкиот предмет на подот ја зачувува состојбата на мирување, а топката која се тркала го зачувува своето движење поради постоечката инерција. И покрај тоа што инерцијата не може да биде измерена, таа е пропорционална на масата на објектот т.е. колку е потешок дадениот објект, толку подобро ја зачувува својата состојбата на мирување или движење.

Силата од кинезиолошка гледна точка, може да се определи како влечно влијание од дадената супстанција или објект врз друга супстанција или објект. Силата може да предизвика, прекине или промени дадено движење, како и да предизвика деформирање на објектот. Таа е векторска величина и има интензитет, правец и точка на примена. Масата на телото, триењето, отпорот на водната или воздушната средина се типични сили кои делуваат врз локомоторниот апарат.

Симболот со којшто се обележува силата е F . Математички, таа може да се претстави како производ од масата на телото и забрзувањето, кое се добива како последица на нејзиното дејството.

$$F = m \cdot a$$

Единица за сила е њутн (N). Еден њутн ја одразува силата, која влијае врз тело со маса 1 кг и му дава забрзување 1m/sec².

$$1N = (1kg) \cdot (1m/s^2)$$

Дејството на силите врз дадено тело може да биде *компресивно, тракционо, торзационо, оптегнувачко или ножично*.

Компресивни се силите, кои се обидуваат да го притиснат објектот, влијаејќи една спроти друга по неговата должна оска. На пример, силата на гравитацијата на телото и реакцијата на потпората делуваат компресивно врз коските, кои ја одржуваат зазеаната поза од него.

Тракционите сили делуваат спротивно на компресивните. Тие предизвикуваат растегнување на објектот врз кој делуваат.

Еластичните сили делуваат перпендикуларно на објектот. За да се предизвика свивање, овие сили треба да имаат три различни точки на примена. Силите од двете крајни точки спротивно влијаат на силата која има дејство на централната точка. При свивањето од конкавната страна се предизвикува компресија, а од конвексна - тракција.

Торзионите сили предизвикуваат извртување на објектот околу неговата надолжна оска.

Ножичните сили влијаат спротивно по две различни паралелни оски. На тој начин предизвикуваат тенденција за поместување на еден дел од објектот спрема друг. Многу често на ножично оптоварување се подложени капсулно-лигаментните структури коишто ги стабилизираат зглобовите.

Силите кои се генерирани од мускулниот систем обезбедуваат движења и стабилизација на локомоторниот апарат. Истите тие сили имаат и потенцијална можност да предизвикаат деформации и повреди. Многу важен фактор, кој го определува ефектот од дејството на дадена сила, е начинот на нејзиното распоредување. Распоредувањето на надворешната сила врз даден објект се нарекува притисок.

Кога даден објект е подложен на силовото дејство, тој доживува внатрешна деформација (стрес). Видот на стресот се определува од силата, која што го предизвикува – *компресивен, тракционен, торзионен, ножичен, еластичен*. Како притисокот, така и стресот се мерат со килограми на квадратен сантиметар (kg/cm^2).

Неповредените ткива имаат доволно механичка цврстина за да издржат на деформациите, кои се предизвикани од силите што делуваат нормално врз локомоторниот апарат. При патолошките промени, ткивата можат да не издржат на влијанието на силите – на пример, кај остеопорозните промени проксималниот дел на фемурот може да не издржи на еластичните сили при оптоварување со тежината на телото и да се добие патолошка фрактура. Доколку генерираните сили се премногу големи, тие можат да предизвикаат повреда и на здравите ткива, затоа што ќе ја надминат границата на нивната механичка издржливост.

Механичките карактеристики на ткивата при оптоварување дозволуваат разграничување на пет зони - *лакситет, еластична деформација, пластична деформација, почетно механичко ширење, целосна руптура*.

Во зоната А (лакситет) кривата е нелинеарна. Во оваа зона се формира лакситетот на фибрите кои го формираат соодветното ткиво. При релаксирана состојба фибрите се малку свиткани и во оваа зона се достигнува до нивно оптегнување, но без да се предизвика растегнување. Затоа со минимална сила се предизвикува значајна деформација (издолжување). Клинички во таа област се тестира лигаментниот интегритет.

Во зона В (еластична зона) кривата е линеарна. Во оваа зона, после престанувањето на надворешното сиово дејство, ткивото ја возвраќа својата нормалната форма и големина, целосно предавајќи ја примената енергија при деформацијата. Колку пострмен е наклонот на кривата, толку повеќе се деформира ткивото. Колку потврдо и нееластично е ткивото, толку помала деформација се предизвикува под надворешното дејство и толку пострмна е кривата. За предизвикување на издолжување во оваа зона се бара значаен поголем напор, отколку во зоната на лакситетот. Во оваа зона се илустрира видот на стресот и деформацијата кои се испитани во ткивата при извршување на нормални физиолошки движења.

Во зона С (пластична зона) се навлегува при значаен *стречинг*. После прекин на дејството, ткивото не ја враќа првобитната форма и големина, а остануваат трајни деформации – во случајот микроруптури.

Во зона D (почетно разрушување) и **зона E** (целосно разрушување) се создаваат значајни раскинувања на ткивото.

При ткивата на локомоторниот апарат, предизвиканата деформација зависи, не само од интензитетот на силата, но и од времето на нејзината примена. Затоа овие ткива се нарекуваат вискоеластични. При поставување во услови на константно оптоварување овие ткива постепено подlegнуваат и покрај тоа што интензитетот на оптоварувањето не се зголемува, т.е. ткивата претрпуваат постепено зголемена деформација, кога се поставени под константно оптоварување.

Како резултат на тоа, рано изутрина висината на телото е поголема, отколку навечер. Причината е, тоа што константното оптоварување од тежината на телото во текот на денот постепено исфрла течности од интравертебралните дискови и тие ја намалуваат својата висина. Во текот на ноќта, кога интравертебралните дискови не се оптоварени, тие (обратно) примаат течности и ја обновуваат својата висина.

Вискоеластичните својства на ткивата им дозволуваат да ја зголемат својата цврстина при зголемување на оптоварувањето. Значајни оптоварувања, како што е трчањето, предизвикуваат елиминирање на дел од течностите, примени од 'рскивиците во зглобовите на долните екстремитети, поради што им се зголемува цврстината.

Својството на ткивата да поднесуваат оптоварувања, објаснува зошто при *стречинг* тие треба да бидат подложени на дејство со ниска интензивност во еластичната зона, но со голема продолжителност.

Силите, кои делуваат на мускулно-скелетниот систем, можат да бидат разделени на *внатрешни* и *надворешни*.

Внатрешните сили се предизвикуваат од извори кои се наоѓаат во телото. Тие можат да бидат активни или пасивни. Активните сили се генерираат од мускулна контракција, најчесто волева. Пасивните сили обично се генерираат од предвремено растегнати неконтрактилни околузглобни мекоткивни структури – фасции, лигаменти, зглобни капсули.

Надворешните сили се генерираат од извори надвор од телото. Тоа обично е гравитацијата на соодветен телесен сегмент или дополнителен отпор – товар или физички контакт со друго тело.

Вртежен момент или *момент на силата* се термини, кои ја определуваат способноста на силата да предизвикува ротирање на даден објект околу определена потпорна точка. *Моментот на силата е производ од интензитетот на силата и рамото на нејзиното дејство.*

Рамото на силата се определува од растојанието меѓу центарот на ротација и точката на примена на силата. Затоа моментот на силата може да биде под влијание на два начина:

- *Преку зголемување или намалување на интензитетот на силата;*
- *Преку зголемување или намалување на рамото на примена на силата.*

Рамото на дејство на мускулната сила се определува од должината на перпендикуларот, кој ги сврзува оската на движење (центарот на ротација во зглобот) и надолжната оска на дејството на мускулот. Тоа значи дека кај различни зглобни положби мускулот има различно рамо на дејство и при еднаков интензитет на контракција развива различен момент на силата. Затоа рамото на мускулното дејство се нарекува моментно рамо, бидејќи одговара само за конкретната зглобна положба.

Тежината се определува како сила на гравитацијата која влијае на дадено тело. Математички тоа се изразува како производ од масата на телото и земјиното забрзување (забрзување кое се предизвикува од гравитацијата – 9.81 m/sec^2). Зголемувањето на масата на телото пропорционално ја зголемува неговата тежина.

Обемот на телото го изразува просторот кој тоа го зазема. Бидејќи просторот е тридимензионален, секое тело има должина, ширина и висина. Затоа обемот е производ од должината, ширината и висината на телото и се мери во кубни метри (m^3).

Специфична тежина се определува како тежината на единица обем на дадено тело или материја. Се мери во њутн на кубен метар (N/m^3).

Кога дадена сила се примени врз дадено тело нејзиниот ефект зависи од интензитетот и времето на нејзината примена. Импулс претставува производ од интензитетот на силата и времето на нејзиното дејство:

$$\text{Импулс} = F \cdot t$$

Импулсот се мери во њутн на секунда (N/sec). Една сила може да има значајно дејство како при мал интензитет, применет во продолжително време, така и при голем интензитет за кратко време.

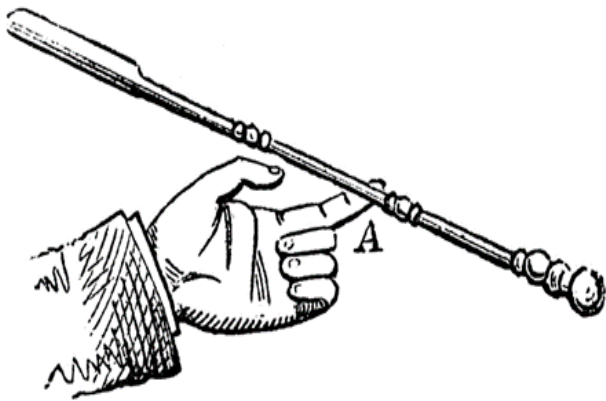
I. 2 РАМНОТЕЖАТА НА ТЕЛАТА

Кога едно тело е во рамнотежа сите сили кои влијаат врз него заеднички се неутрализираат и тоа останува во мирување. Колку стабилна и издржлива е рамнотежата на едно тело зависи од меѓусебната распределба на општиот центар на тежината и потпорната површина.

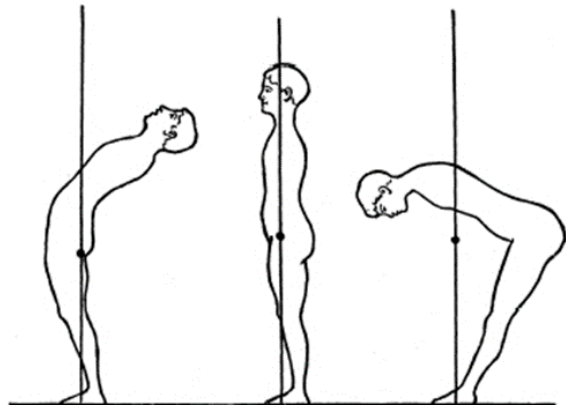
За правилно да се разбере принципот на зачувување на рамнотежата, потребно е да се земат предвид некои основни биомеханички поими, како што се: *гравитација, центар на гравитација, линија на гравитација и потпорна површина*.

Гравитацијата е силата на заемно привлекување меѓу земјата и врз неа распределените тела. Силата на гравитација е секогаш насочена вертикално надолу кон земјишната површина.

Центарот на гравитацијата на дадено тело е онаа точка за која може да се смета дека во неа е концентрирана целата маса на телото, т.е. спрема неа сите ротаторни сили се заемно неутрализирани (Сл. I.6).



Сл. I.6 Центар на гравитација



Сл. I.7 Промена на распределената маса и промена на центарот на тежина

Кога телото (предметот) има правилна и симетрична форма, центарот на тежина се наоѓа во неговата средина, а доколку е со асиметрична форма, центарот на тежина е поместен кон тој дел кој има поголема маса. Кај телата со прстенеста, празнина или L-овидна форма, центарот на тежина може да биде распределен и надвор од самото тело. Промената на распределбата на масата на даден предмет предизвикува промена и во распределбата на центарот на тежина (Сл. I.7).

Кај возрасните луѓе, општиот центар на тежината на телото (ОЦТ) се наоѓа во карлицата, пред вториот сакрален прешлен. Кај мажите се наоѓа малку повисоко, поради помасивниот раменски појас. Различните пропорции помеѓу различните делови на телото покажуваат различна распределба на ОЦТ во процесот на растењето и развојот – кај децата главата е значајно поголема од останатите делови на телото и ОЦТ е повисоко распределен.

Линијата на гравитација е имагинарна вертикална линија, која минува преку ОЦТ.

Потпорна површина е површината која е заобиколена со надворешни допирни точки на дадено тело со потпората.

При стоење потпорната површина на човекот е заобиколена од надворешната линија на стапалата и затворената површина помеѓу нив.

При промена на стоењето се променува потпорната површина и покрај тоа што контактната површина на двете стапала не се променува. Кога човекот стои само на една нога, потпорната површина се определува од надворешната линија на едното стапало.

При користење на помошни средства, не се намалува само оптоварувањето на долните екстремитети, а се зголемува и потпорната површина, бидејќи контактните точки на телото со потпората се четири, наместо две.

Сите неподвижни положби на едно тврдо тело, прицврстено во точка или оска се резултат од рамнотежата на силите кои влијаат врз него. Во зависност од рамнотежата на силите и можноста за да се зачува урамнотежената положба се разликуваат три вида на рамнотежа: *неутрална, стабилна и нестабилна рамнотежа*.

Неутралната рамнотежа се карактеризира со тоа што без разлика на положбата, телото се наоѓа во рамнотежа. Во едниот случај (а) точката на закачување совпаѓа со центарот на тежина. Во друг случај (б) при секоја положба потпорната реакција поминува преку центарот на тежина и при промена на положбата центарот на тежина не ја променува својата висина.

Стабилна рамнотежа е при која какво и отклонување да има од рамнотежната положба, се предизвикуваат сили кои го враќаат телото во првобитната положба. Стабилната рамнотежа има при горна потпора (а), кога точката на закачување е над центарот на тежината и при долна потпора (б), кога таа е длабната. И во двата случаи секое поместување од рамнотежната положба го крева центарот на тежина и настанува момент на сила на тежината $P \cdot r$ кој го враќа телото во неговата првобитна положба.

Нестабилната рамнотежа се карактеризира со тоа што и при најмало отклонување од рамнотежната положба се појавува момент на силата на тежината, кој предизвикува понатамошно отклонување од рамнотежната положба. Со зголемување на отклонувањето се зголемува и моментот на сила на тежината. При отклонување на телото од рамнотежната положба (а) векторот на силата на тежината не поминува преку точката на закачување и настанатиот момент ($P \cdot r$) го наклонува телото уште повеќе. Нестабилна рамнотежа се среќава кај т.н. долна потпора.

Стабилноста на рамнотежата е правопрпорционална на потпорната површина и обратнопрпорционална на висината на ОЦТ.

Поголемата потпорна површина го прави телото постабилно и обратно. Користењето на помошни средства и заземање на раширено стоење ја подобруваат стабилноста, бидејќи се зголемува потпорната површина. Повисокиот центар на тежина ја намалува стабилноста.

Едно тело е стабилно, доколку линијата на гравитација е распределена во рамките на потпорната површина. Затоа, колку е поголема потпорната површина, толку е постабилно телото. Кога линијата на гравитација поминува надвор од потпорната површина, рамнотежата се нарушува и телото паѓа надолу.

Стабилноста се подобрува ако потпорната површина се рашири во насока на дејство на надворешната сила, која ја нарушува рамнотежата. Обично тоа се постигнува кога човек направи чекор во насока на дејство на силата.

Колку е поголема масата на телото, толку е постабилно истото. Стабилноста секогаш е обратнопрпорционална на мобилноста – колку е поголема масата на телото, толку е постабилно и помалку мобилно. Колку е поголемо триењето помеѓу површината и стапалата, толку телото е постабилно.

I. 3 АНАТОМСКИ ЛОСТОВИ

При анализа на дејството на силите треба да се зема предвид, дека тие секогаш се манифестираат по парови. Третиот закон на Њутн гласи, дека на секое дејство има еднакво по сила и спротивно по правец противдејство, т.е. кога едно тело влијае врз друго со определена сила, тоа го испитува истото по интензитет силово дејство. Парот сили обично се нарекува сила на дејство и противдејство. Силите на дејство и противдејство делуваат секогаш врз различни тела, а не врз едно и исто тело.

При одење стапалото влијае врз површината со целото забрзување генерирано од телото, додека истовремено површината влијае врз него со истата сила, но во спротивен правец. Таа реакција на потпората се променува како интензитет, правец и точка на примена низ различните фази на одење.

Едноставни механизми

Наједноставните механизми се: лостот, макарата, тркалото со оска и наклонета површина. Лостот, тркалото со оска и навалената површина му дозволуваат на човек да примени сила, која е поголема од таа што ја дозволува контракцијата на неговите мускули. Макаратата дозволува силата да биде искористена поефикасно и правилно. Зголемувањето на силата обично е за сметка на намалување на брзината или растојанието на поместување.

Анатомски лостови

Лостот е секоја нееластична прачка која се врти околу една потпорна точка (оска), кога кон неа се примени сила. Во секојдневието ние се служиме со голем број системи на лост – рачна количка, отворач, ножици, палка за голф, рекет за тенис и др. Различните системи на лост можат да бидат откриени и во локомоторниот апарат на човекот.

Карактеристика на системот на лост зависи од меѓусебната распределба на три основни точки.

- Првата е неподвижната потпорна точка, околу која лостот се завртува.
- Втората е точката на примена на силата. Во локомоторниот апарат точката на примена на силата обично, но не секогаш е зафатното место на мускулот, кој што го извршува движењето.
- Третата точка е локализацијата е надминатиот отпор.

Отпорот може да биде направен од тежината на соодветниот сегмент со или без дополнителен отпор. Точката на надминатиот отпор е центар на тежината на соодветниот сегмент (на пример, подлактица и рака), која се променува во зависност од тоа дали има и дополнителен отпор.

Растојанието меѓу потпорната точка и точката на примена на силата е рамо на силата, а растојанието меѓу потпорната точка и точката на примена на силата е рамото на силата, а растојанието меѓу потпорната точка и точката на надминатиот отпор е рамото на отпорот.

Меѓусебната распределба меѓу потпорната точка, точката на примена на сила и точката на надминатиот отпор го определува видот на лостот.

Постојат три вида на лостови: од *прв, втор и трет род*. Секој вид нуди различна механичка предност и затоа има различна примена.

Кај лостот од *прв* род потпорната точка се наоѓа меѓу точката на примена на силата и точката на отпорот. Таков лост претставува, на пример, елементарна детска лулка. Овој тип на лост е најбалансираниот, а пример за таков лост во локомоторниот апарат е главата. Таа се движи врз атланта-окципиталните зглобови. Потпорната точка се атланта-окципиталните зглобови. Отпорот (центарот на тежината на главата) влијае од една страна на зглобовите, а силата се генерира од мускулите кои се на спротивната страна. При наведување на назад отпорот е лицевата страна на черепот, а силата доаѓа од екстензорите на главата. При наведување напред механизмот се свртува - отпорот е задната страна на черепот, а силата доаѓа од флексорите на главата. Кај сите положби потпорната точка останува на средината.

Кај лостот од *втор* род потпорната точка е од една страна на лостот, точката на примена на силата од друга страна, а точката на отпорот се наоѓа помеѓу нив. Пример за таков лост е рачната количка - потпорна точка е тркалото, точката на примена на силата е во рачките, а товарот се наоѓа помеѓу нив. Овој лост има најизразена механичка предност, зголемувајќи го моментот на силата. Ретко се среќава во ЛМА, бидејќи зголемувајќи ја силата го намалува пропорционално поместувањето на надминатиот отпор. Пример за таков лост е талокруралниот комплекс при кревање на прсти. Во тој случај потпорната точка е во областа на главите на метатарзалните коски, отпорот кој доаѓа од трупот и долните екстремитети, е во областа на горниот скочен зглоб, а силата е применета во областа на инсерцијата на *m. triceps surae* врз петната коска.

Кај лостот од *трети* род потпорната точка е исто од едната, но од другата страна се наоѓа точката на отпорот. Точката на примена на силата се наоѓа помеѓу нив. Пример за таков лост е врата со пружинен механизам за затворање. Кај овој лост се намалува силата, но се зголемува поместувањето на отпорот, т.е. се добива подвижност. Таков лост формира подлактицата во однос на флексивното дејство на *m. biceps brachii* – потпорната точка е зглобот на лактот, точката на отпор е ОЦТ на подлактицата и раката, а точката на примена на силата е инсерцијата на мускулот врз радиусот.

Во локомоторниот апарат мускулите делуваат главно во условите на лост од трет род. Тоа е така, бидејќи има ограничен степен на скратување – при контракција мускулот може да ја намали својата должината до два пати спрема својата релаксирана состојба. Бидејќи барањата кон зглобната подвижност се поголеми, се користи лостот од трети род, кој го зголемува поместувањето, предизвикано од мускулната контракција.

Давањето на дополнителен надворешен отпор може да го промени видот на лостот. На пример, *m. brachioradialis* дејствува во условите на лост од втор род при релаксација во надлактицата, кога раката не држи дополнителна тежина и центарот на тежината (точката на отпорот) е поблиску до лактот, отколку точката на примена на силата во неговата дисталната инсерција. Кога раката ќе зафати значителна тежина, која го поместува центарот на тежината дистално од неговата инсерција, мускулот започнува да работи во услови на лост од трет род.

Механичка предност

Механичката предност е важна карактеристика на лостовите и се определува од соодносот помеѓу рамото на силата и рамото на отпорот.

$$\text{механичка предност} = (\text{рамо на сила}) / (\text{рамо на отпор})$$

Тоа значи, дека кај лостовите од втор ред при кои рамото на силата е поголемо, механичката предност ќе биде поголема од 1. Кај лостовите од трети род, при кои рамото на отпорот е поголемо од рамото на силата, механичката предност ќе биде помала од 1.

Кај лостовите, секогаш кога се добива сила, се губи пропорционално поместување и обратно. Ако сакаме да го надминеме дадениот отпор со помала сила треба да користиме лост од втор род (механичка предност над 1), но треба да го поместиме лостот на поголемо растојание. Доколку сакаме со мало поместување на лостот да го поместиме отпорот на значително растојание треба да користиме лост од трети род (механичка предност помала од 1), но за таа цел треба да примениме поголема сила.

Практичен пример е давањето на мануелен отпор при екстензија во коленото. Потпорната точка е зглобот на коленото, точката на отпорот е припојното место на квадрицепсот за *tuberositas tibiae*, а точката на силата е мануелниот зафат врз потколеницата. Ако рамото на отпорот е 5 см., а мануелниот зафат е блиску до *tuberositas tibiae* и има рамо 10см., механичката предност ќе биде:

$$\text{механичка предност} = (\text{рамо на сила}) / (\text{рамо на отпор}) = 10/5 = 2$$

Во тој случај, ако квадрицепсот се контархира со 50kg. сила, таа ќе може да биде неутрализирана со два пати помала мануелна сила од терапевтот – 25kg.

Ако мануелниот зафат се наоѓа подистално, на пример, на 20 cm. од коленото, таа механичка предност ќе биде:

$$\text{механичка предност} = (\text{рамо на сила}) / (\text{рамо на отпор}) = 20/5 = 4$$

Во тој случај ако квадрицепсот се контрахира со 50 kg. сила, таа ќе биде неутрализирана со 4 пати помала мануелна сила од терапевтот - 12.5kg.

Во кратки црти колку поголема е механичката предност, толку помала сила е неопходна за надминување на даден отпор.

Кај една иста сила, моментот се определува од рамото на нејзиното дејство. Кога две еднакво тешки деца седат на едно растојание од потпорната точка на лулашката, таа се наоѓа во рамнотежа. Ако едното дете се приближи напред, моментот развиен од неговата тежина веднаш намалува, бидејќи се скратува рамото на неговото дејство и тоа веднаш се издигнува нагоре. За да се обнови рамнотежата или детето треба да се повлече повторно назад, или треба да примени дополнителна сила надолу.

Макари

Механичката примена на макарата е да го промени правецот на дејство или интензитетот на силата. Фиксираната макара е едноставна макара, закачена на греда. Таа работи како лост од прв род - самата макара е потпорна точка, од едниот крај на јажето се применува силата, а од другиот крај – отпорот. Оваа макара служи само за промена на правецот на дејство на силата. Во праксата се применува кај различни симулатори за обезбедување на отпорот, кај политерапијата, цервикална тракција и др. Во локомоторниот апарат латералниот малеол делува како едноставна макара за m. fibularis longus каде што го променува правецот на влечење.

Тркало со оска

Тркалото со оска е друг механизам, кој што макар и не толку често, се среќава кај локомоторниот апарат. Тој механизам всушност претставува скриен лост. Се користи за зголемување на моментот на силата. Свртувањето на тело со голем радиус (тркалото) бара помаку напори од завртувањето на мал радиус (оската).

Механичката предност се пресметува слично на таа на лостовите

Пример за користење на тркало со оска во праксата е флектирањето на лактот на пациентот, кога терапевтот прави пасивна ротација на зглобот на рамото. Флексираниот лакот претставува тркало, а оската е надлактицата која на тој начин се ротира значајно полесно.

Наклонета рамнина

И покрај тоа што во локомоторниот апарат нема примери за наклонета рамнина, знаењата за тој механизам се важни за физиотерапевтите, кинезитерапевтите и рехабилитаторите. Употребата на инвалидна количка, на пример, често бара користење на принципот на наклонета рамнина. Таа дозволува кревање на тешки предмети со помала сила, при зголемено растојание на поместување. На пример, колку е подолга наклонетата површина за искачување на инвалидна количка, толку помал е неопходниот напор, но се поминува поголемо растојание.

I. 4 АНАТОМО-ФИЗИОЛОШКИ ОСНОВИ НА МУСКУЛИТЕ

Мускулите се основниот елемент во локомоторниот апарат кои имаат задача да осигурат подвижност и стабилност на телото.

Структурата на скелетните мускули

Мускулите се изградени главно од контрактилни елементи, но во нивната структура влегуваат и неконтракtilни ткива – *тетиви и фасции*.

Контракtilниот дел на мускулот се состои од илјади мускулни фибри. Најголемите структурни единици на мускулот се *фасцикулите*, кои што претставуваат снопиња од мускулни фибри, обвиткани од сврзно ткиво. Подредувањето, големината, бројот и видот на фибрите во фасцикулите варира кај различните мускули. Секоја фибра всушност претставува одделна клетка обвиеана во мембрана, наречена сарколема.

Како секоја клетка во човечкиот организам, мускулната фибра е изградена од цитопlasма, која што кај мускулното ткиво се нарекува *саркоплазма*. Саркоплазмата содржи миофибрили, кои всушност се контрактилните елементи на мускулната фибра.

Нефибрилните структури на мускулната клетка (рибозоми, гликоген, митохондрии) имаат однос кон клеточниот метаболизам.

Миофибрилите вклучуваат дебел и тенки миофиламенти. Тенките се изградени од протеин актин, а дебелите од протеинот миозин. Дејството меѓу овие две вида протеин е во основата на механизмот на мускулната контракција.

Тенките миофиламенти се изградени од два преплетени синџировидни конци од актинови молекули. Меѓу нив се сместени молекули на глобуларниот протеин тропонин, до којшто е долепен протеинот тропомиозин. Тропонинот и тропомиозинот го контролираат сврзувањето меѓу актиновите и миозиновите филаменти.

Дебелите миофиламенти се изградени од големи миозинови молекули, кои имаат долги молекулни израстоци. Миозиновите филаменти немаат еднаков дијаметар по целата должина, а се пошироки во средниот дел. Секоја миозинова молекула има глобуларни раширувања (миозинови глави). Тие глави можат да се вртат и ги формираат врските со актиновите нишки.

Подредувањето на тенки актинови и дебел миозинови фибри им го дава напречно-набраздениот изглед на скелетната мускулатура при микроскопски образ.

Мускулните фибри содржат и уште неколку видови на протеин, кои што имаат различна функција – десмин, титин и др.

Делот од мифибрилата меѓу 2 Z-линии се нарекува саркомер. Z-линиите не само што ги оцртуваат границите на саркомерите, туку исто така ги спојуваат помеѓу себе. Работ, што ги покрива миозиновите филаменти и преклопување меѓу актиновите и миозиновите се нарекува анизотропна (А-раб). Работ, кој што ги покрива само тенките актинови филаменти се нарекува изотропна (I-раб). Зоната, која го покрива само незастапениот дел од миозиновите филаменти се нарекува H-зона. Проширениот среден дел на миозиновите филаменти формира таканаречен M-раб. Во областа на M-рабовите, соседните филаменти се спојуваат помеѓу себе.

Меѓусебното дејство на актинот и миозинот е во основата на мускулната контракција. Тоа се стимулира од електричните импулси (*акционен потенцијал*), кој се пренесува по периферниот нерв кон моторните плочки и по мускулната фибра.

Акциониот потенцијал предизвикува ослободување на калциумови јони. Тие јони го тераат тропонинот да го размести тропомиозинот и на тој начин главите на миозинот се сврзуваат со рецепторите на актинот, формирајќи трансверзални врски. Овие врски се во основата на активната мускулна контракција. Механизмот на продуцирање на мускулна контракција се нарекува *циклас на трансверзална врска*. Во релаксирана состојба напречните врски не се поврзани со актиновите филаменти. Како резултат на излачувањето на калциумовите јони и поместувањето на тропомиозинот, главите на миозинот влегуваат во контакт со актинот. Афинитетот на миозинот кон актинот се должи на постоењето на аденозин дифосфат (АДФ) и на неоргански фосфор, кои се добиваат од разложување на аденозинтрифосфатот. Како резултат на тоа миозиновите глави се свиткуваат и предизвикуваат придвижување на актиновите филаменти кон миозиновите. После тоа главите на миозинот добиваат

афинитет кон аденозинтрифосфатот и напречните врски се ослободуваат. Тоа сврзување и ослободување на напречните врски продолжува додека има акционен потенцијал, аденозин трифосфатот и калциум.

Придвижувањето на актиновите филаменти кон миозиновите, при создавањето на напречните врски, предизвикува скратување на миофибрилите и генерирање на тензија од мускулот. Мускулот ќе се скрати доколку се активираат доволно голем број саркомери и доколку барем едното место на припојување му е слободно.

Механизам на мускулни контракции

- Тензија се генерира со формирање на напречни врски.
- Влевањето на калциумовите јони дава почетокот на мускулната контракција.
- Хидролизата на аденозинтрифосфат го дополнува циклусот на формирањето на напречни врски.

Биомеханички својства на скелетната мускулатура

Скелетната мускулатура има неколку основни својства, кои ја определуваат нејзината целосна функција:

- Растегливост - способност на мускулните влакна да се издолжуваат под дејството на тракциони сили.
- Еластичност - способноста да ја обновуваат нормалната должина на мирување после прекин на надворешното дејство.
- Возбудливост - својството да реагираат на нервен и електричен импулс.
- Контракtilна способност- својството да контактираат и да генерираат тензија при стимулацијата.

Никое друго ткиво во човековото тело не ги комбинира овие четири својства. Кога мускулот не е стимулиран и врз него не делуваат надворешните сили, тој се наоѓа во состојба на нормална должина на мирување. Од таа состојба мускулот може активно да се скрати (*контракtilна способност*) или пасивно да се издолжи (*растегливост*).

Контракtilната способност на мускулот е неговото основно својство. Затоа мускулното ткиво се нарекува контракtilно ткиво. Останатите меки ткива се нарекуваат неконтракtilни ткива. Тензија се нарекува сила на влечење која е генерирана од мускулот. Кога мускулот е растегнат над нормалната должина при мирување тој генерира пасивна тензија. Кога мускулот се контрахира, како одговор на нервна или електрична стимулација, тој генерира активна тензија.

Тонусот се нарекува лесна тензија на мускулот во мирување. Тоа е состојбата на целосна негова готовност, што дозволува тој брзо да се вклучи во моторното дејство. Генерирањето на активна тензија од мускулот се должи на меѓусебното дејство на актино-миозиновиот комплекс. Во нормалната должина на мирување актиновите и миозиновите филаменти се лесно преклопени. При контрахирањето на мускулот тие се повеќе се преклопуваат, додека се преклопат целосно и мускулот не може да продолжи да контрахира.

Силата, која еден мускул може да ја генерира при својата контракција не е постојана величина, а зависи од степенот на преклопување во актино-миозиновиот комплекс. При контракција од максимално издолжена состојба, контракtilната состојба постепено нараснува до достигнување на плато, после кое постепено се намалува. Таа способност се нарекува должинско-тензиона карактеристика на мускулот.

Растојанието меѓу максимално издолжена и максимално скратена состојба се нарекува *екскурзија на мускулот*. Екскурзијата на одделните мускули варира како величина. Обично, секој мускул при контракции може да се скрати до половина од нормалната должина при мирување, како и да се издолжи до половината од својата должина кога е подложен на растегнување. Ако еден мускул има должина од 12 cm, тој би можел да се скрати до 6 cm или да се издолжи до 18 cm, т.е. екскурзијата е околу 12 cm, колку што е и неговата должината при мирување.

Еднозглобните мускули имаат доволна екскурзија, за да не ја ограничуваат пасивната зглобна подвижност. Екскурзијата на двозглобните и многузглобните мускули, всушност не може да го покрие дијапазонот на движење во сите зглобови

истовремено, и тие пројавуваат т.н. (по Brunstrom) *пасивна и активна инсуфициенција*.

Активната мускулна инсуфициенција е феномен кој потекнува од должинско-тензионите карактеристики на мускулот. Тој се манифестира кај мускулите кои извршуваат дадено активно движење. Кога мускулот се скратува, при што актино-миозиновите комплекси целосно се преклопуваат, тој не може да го продолжи своето активно контрактирање. Затоа кога еден многузглобен мускул ќе ја исцрпи својата контрактилната способност во дел од зглобовите низ кој поминува, тој не може да манифестира тензија во останатите, т.е. испаѓа во активна инсуфициенција. На пример, кај предвременно флектирање на рачниот зглоб, долгите флексори на прстите испаѓаат во активна инсуфициенција и не можат да остварат нормална флексија во зглобовите на прстите, т.е. се нарушува функцијата на фаќање со дланката.

Пасивна мускулна инсуфициенција е феномен, кој исто е карактеристичен за многузглобните мускули. Тој всушност се манифестира кај антагонистите, т.е. мускулите кои се растегнуваат при дадено движење. Тоа се должи на лимитот во мускулната растегливост – кога даден мускул ќе се растегне максимално во даден зглоб (зглобови), тој не може да се растегне доволно во останатите, поради што ја ограничува пасивната подвижност. На пример, ишиокруралната мускулатура кога предвременно е растегната во коленото, не дозволува флексијата во карличниот зглоб да достигне до нормални вредности и ја ограничува до 80-90°. Доколку коленото се флектира и ишиокруралните мускули се релаксираат, флексијата во карличниот зглоб може да достигне до своите нормални вредности од околу 120°, определени од состојбата на капсуло-лигаментарниот апарат.

Пасивната мускулна инсуфициенција дозволува појава на таканаречен *тетивен ефект*. На пример, доколку пациентот со парализа на флексорите на прстите ја екстензира дланката, прстите лесно ќе се свиткаат од пасивното влечење на флексорите, кои се растегнуваат и испаѓаат во пасивна инсуфициенција. На тој начин пациентот може да фати и подигне лесни предмети.

Обично агонистите достигнуваат до активна инсуфициенција пред антагонистите да достигнат пасивна инсуфициенција.

Видови мускулни влакна

Напречно-набраздената мускулатура е изградена од 3 основни типови на мускулни влакна. Тие се разликуваат помеѓу себе хистолошки, морфолошки и според метаболизмот и механичките карактеристики.

Во локомоторниот апарат на човекот, мускулите се изградени и од трите типа мускулни влакна во различен однос, во зависност од основната функција, полот и индивидуалните особини. Кај испитувања на тораксот е откриено, дека *m. deltoideus*, *vastus lateralis*, *rectus femoris* и *gastrocnemius* се изградени од 50% тип 2 и 50% тип 1 мускулни влакна, додека ишиокруралните мускули содржат 55% влакна тип 1 и 45% влакна тип 2. Соодносот на влакната се променува и со возраста, намалувајќи ја количината и големината на влакната тип 2.

Мускулите, кои содржат повеќе бавни (тип 1) мускулни влакна имаат подобра издржливост (на пример, *m. soleus* содржи два пати повеќе влакна тип 1 спрема тип 2). Тој тип мускули учествува во одржувањето на позата, што бара подолготрајно надминување на лесен отпор. Затоа, овие мускули, се нарекуваат *постурални, стабилизирачки или тонични мускули*. Тип 1 мускулни влакна се активираат бавно и главно имаат аеробен режим на работа. Кај патолошките состојби најчесто реагираат со зголемен тонус и скратување, кое бара, при нивното лекување да се применува релаксација и *стречинг*.

Мускулите со доминантен број влакна тип 2 (на пример, *m. biceps brachii*) манифестираат значајна сила, но имаат мала издржливост. Поради тоа учествуваат при надминување на големи отпори за кратко време и се нарекуваат *динамични или фазични мускули*. Тип 2 мускулни влакна се активираат брзо и имаат главно анаеробен режим на работа. Кај патолошките состојби реагираат со намален тонус поради што нивното лекување бара стимулирање, олеснување и засилување.

Ориентација на мускулните влакна

Има два основни типа ориентација на влакната што градат даден мускул - паралелна и коса. Паралелно сместените мускулни влакна, по правило се подолги и дозволуваат поголема екскурзија на мускулот. Косо распределените влакна се пократки, но имаат поголем број на единица плоштина, што значи дека таквите мускули имаат поголем силов потенцијал.

Паралелно распоредените мускулни влакна по форма формираат: *лентовидни, вретеновидни, ромбоидни и триаголни мускули*.

Лентовидните мускули се долги и тенки, влакната ја покриваат целата должина на мускулот. Такви се *m. rectus abdominis*, *m. sternocleidomastoideus* и др.

Вретеновидните мускули се пошироки во средината и стеснети во двата краја, каде што преминуваат во тетивниот дел. Кај повеќето такви мускули, влакната се протегаат по целата должина. Овие мускули имаат различна должина и големина. Такви се *m. biceps brachii*, *m. brachialis* и др.

Ромбоидните мускули имаат споредлива должина и ширина. Обично се плочести, со широки инсерции. Такви се *m. pronator quadratus*, *mm. rhomboidei*, *m. gluteus maximus* и др.

Триаголните мускули се плочести, со лепензвидна форма. Едното место на припојување е широко, а другото тесно. Такви се *m. pectoralis major*, *m. gluteus medius* и др.

Косо распоредените влакна имаат перјеста структура. Тие се сместени под остар агол спрема тетивниот дел. Тие формираат *едноперести, двоперести и многуперести мускули*.

Едноперестите мускули наликуваат на половина пердув. Многубројни кратки влакна дијагонално се припојуваат за централната тетива. Такви се *m. tibialis posterior*, *m. semimembranosus*, *m. flexor pollicis longus* и др.

Двоперестите мускули наликуваат на цел пердув. Влакната се припојуваат од двете страни на централната тетива. Такви се *m. rectus femoris*, *mm. interossei* и др.

Многуперестите мускули имаат многу тетиви со влакна распоредени помеѓу нив. Такви се *m. deltoideus*, *m. subscapularis* и др.

Регулација на мускулното дејство

Периферните моторни неврони започнуваат од предните рогови на 'рбетниот мозок. Една нервна клетка (моторен неврон) инервира определен број мускулни влакна. Бројот на мускулните влакна што се инервираат од еден моторен неврон зависи од неколку фактори – видот на мускулот (статичен, динамичен), дијаметарот, големината на невронот, итн. Варијативноста е голема, од 2-3 влакна на моторен неврон (мускули на ларинксот) до над 1000 (*m. gastrocnemius*). Колку пофино е мускулното дејство, толку помал број мускулни влакна се инервираат од еден неврон. Збирот од еден моторен неврон и сите инервирани од него мускулни влакна се нарекува **моторна единица**.

Моторната единица се активира како целина, на принципот сè или ништо. Регулацијата на мускулната контракција се остварува преку бројот на моторните единици, кои се активираат истовремено. Кај поголем број моторни единици што се активирани истовремено мускулот генерира поголема тензија и обратно.

Мускулното вретено е основниот сензорен орган на мускулот. Изградено е од 3 до 10 микроскопски фибри, паралелни на миофибрилите, кои се обвиткани во сврзоткивна обвивка. Мускулното вретено ја регистрира брзината и степенот на растегнување на мускулите. Неговата чувствителност кон брзината на растегнување е значајно повисока. Затоа, бавно применетиот *стречинг* не ги активира мускулните вретена.

Бројот на мускулните вретена во одделните мускули варира. Најголем број се открива во субокципиталните мускули, *mm. intertransversarii* и *mm. rotatores*. Се смета дека тие мускули, кои содржат голем број мускулни вретена ја играат улогата на проприоцептивни, а не на контрактилни органи.

Активноста на мускулното вретено предизвикува *стреч-рефлекс* и *реципрочна инхибиција*.

Стреч рефлексот (уште познат и како миотатичен рефлекс), претставува рефлексорна контракција на растегувачкиот мускул. Тоа е заштитен механизам, кој го заштитува од прерастегнување.

Реципрочната инхибиција предизвикуваат потиснување на тонусот на антагонистите на растегувачкиот мускул. На пример, при растегнување на екстензорите се предизвикува нивната контракција, а се потиснува тонусот на флексорите (антагонистите).

Стреч-рефлексот нема само заштитна функција. Тој е многу важен, кога мускулот треба да се спротивставува на гравитацијата или го амортизира забрзувањето добиено од телото (на пример, кај приземјувањето после скок). Наглото растегнување на мускулот, поради тој рефлекс, ја засилува рефлексорната мускулна контракција. Тој феномен се користи во спортските дисциплини, преку предвременно замавнување во обратен правец пред шут, фрлање, забивање итн. Стреч-рефлексот стои и во основата на манифестацијата на рефлексорна мускулна релаксација (коленов рефлекс, ахилев рефлекс и др.).

Силата на стреч-рефлексот се определува од осетливоста на мускулните вретена, која се регулира од гама-моторниот систем. Како и алфа-моторниот систем, кој што ја регулира мускулната контракција, таа се состои од централни и периферни моторни неврони. Централните започнуваат од главниот мозок и се сврзуваат со периферните во сивата материја на рбетниот мозок. Периферните гама мото неврони директно ја регулираат осетливоста на мускулното вретено кон *стречинг*.

Гама мото невроните го контролираат тонусот на мускулот при мирување. Кај патолошките состојби (контузија, неправилна поза) гама мото невроните предизвикуваат олеснување или инхибирање на мускулот. Небалансираното фасилитирање и инхибирање на мускулите во дадена област се нарекува мускулен дисбаланс.

Телцата на Голџи се вид мускулни проприорецептори, сместени во близина на мускулно-тетивни инсерции. Секое телце е сврзано редоследно со 10 до 15 мускулни влакна. Тие телца го регистрираат нараснувањето на тензијата во тетивите како кај пасивниот *стречинг*, така и кај мускулна контракција. Тие имаат исклучиво низок праг на возбудливост при мускулната контракција и висок праг на возбудливост при пасивен *стречинг*. При претерано зголемување на тензијата во даден мускул телцата на Голџи се возбудуваат, ја инхибираат активноста на алфа-мото-невроните и ја намалуваат тензијата во мускулот (рефлекс на телцата на Голџи).

При *стречинг*, тензијата во тетивите се определува по тоа дали се издолжуваат одделните мускулни саркомери. Кога мускулот се растегнува пасивно, во почетокот издолжувањето се остварува во последователно распределените еластични компоненти и тензијата нагло нараснува. После достигнување на точката на механичко прекинување на престапувањето на актинот и миозинот, настапува нагло издолжување на саркомерите. Кога се прекинува дејството *стречинг*, мускулот се скратува до примарната должина.

Доколку *стречингот* на мускулот се оствари многу брзо, мускулните вретена ги стимулираат алфа-мото невроните и фасилитираат контракција, притоа зголемувајќи ја тензијата во мускулот. Доколку *стречингот* се применува бавно, телцата на Голџи се возбудуваат и ја намалуваат тензијата во мускулите, дозволувајќи издолжување на саркомерите.

Мускулните вретена и телцата на Голџи имаат заштитна функција и нивното дејство се разликува во однос на структурата која ја зачувуваат и рефлексорните реакции што ги предизвикуваат.

- Мускулното вретено предизвикува контракција на растегнатиот мускул и го зачувува од прерастегнување и руптура.
- Телцата на Голџи предизвикуваат релаксирање на растегувачкиот мускул и ја зачувува тетивата од прерастегнување и повреда.

Сите техники за проприоцептивно нерво-мускулно олеснување (ПНМУ) се изградени врз дејството на мускулните вретена и телцата на Голџи. Рефлексот на

телцата на Голци предизвикува блокирање на мускулниот тонус и лежи во основата на мускулно-инхибиторните техники за *стречинг - задржување - отпуштање или постизометрична релаксација*.

Рецепторите во зглобната капсула и лигаментите исто така можат да влијаат врз мускулната активност. Постоенето на оток или ноцистимулација од притискање на зглобната капсула може да предизвика рефлекторна инхибиција на мускулното дејство. На пример, рецепторите во областа на зглобот на коленото имаат фасилитирачко дејство врз екстензорите. Дури минимален оток може да предизвика такво дејство од страна на рецепторите.

Други мускулни рефлекс

Важен однос кон кинезиологијата и физиотерапевтската пракса имаат и следните физиолошки рефлекс во локомоторниот апарат:

Флексионот рефлекс на оддалечување претставува оддалечување на даден дел од телото, кога се чувствува болка. Како повеќето рефлекс и тој се извршува на сегментарно ниво во 'рбетниот мозок, без наше свесно учество. Тоа е рефлекс, кој го штити телото од можна повреда. Реципрочната инхибиција (блокирање на тонусот на антагонистите) е задолжителен елемент од тој рефлекс - активирањето на флексорите за оддалечување на екстремитетот се комбинира со релаксирање на екстензорите за да не пречат на движењето.

Вкрстениот екстензионен рефлекс работи паралелно со флексионот рефлекс на оддалечување. Додека едниот екстремитет се флектира и оддалечува од стимул на болка, другиот се екстензира. Физиолошката смисла на тој рефлекс е зачувување на балансот и рамнотежата.

Вратно-тоничен рефлекс предизвикува контракција на мускулите на горните екстремитети при ротирање на вратот. Доколку вратот се ротира надесно тоа ќе предизвика контракција на екстензорите на десниот горен екстремитет и на флексорите на левиот (реципрочната инхибиција ги блокира флексорите на десниот и екстензорите на левиот екстремитет). Целта на рефлексот е да го ориентира телото во правец на свртување на главата и погледот.

Кожниот рефлекс предизвикува релаксирање на мускулатурата при примена на површинска масажа или топлина.

Видови мускули

Според припојните места на мускулот што е важно за механичкиот ефект од мускулното дејство се (според Мас Conail): **моторни и стабилизирачки**.

Моторните мускули имаат почетно место за припојување, оддалечено од оската на движење во зглобот, додека нивното крајно место на припојување е во близина до неа. Овие мускули имаат поголем агол на влечење и затоа главно предизвикуваат физиолошко движење меѓу коските.

Стабилизирачките мускули, обратно на моторните, имаат почетно место на припојување во близина до оската на движење во зглобот, а нивното крајно место на припојување е оддалечено. Овие мускули имаат помал агол на влечење и затоа главно предизвикуваат компресија меѓу зглобните површини и стабилизација на зглобот.

Мускулен синергизам

Овој поим дефинира комбинирана мускулна работа при извршување на дадено движење. Кај секојдневните движења, секое моторно дејство се остварува благодарение на сложното дејство на голем број мускулни групи. Од кинезиолошка гледна точка, во мускулниот синергизам можат да се разграничат неколку основни мускулни функции – *агонист, антагонист, стабилизатор и неутрализатор*.

Агонистите се мускулите, кои остваруваат директно дадено движење. Тие можат да бидат разделени на главни и помошни мускули - двигатели. Главните мускули двигатели учествуваат во движењето при секакви услови на неговото остварување. Помошните мускули се вклучуваат во движењето само кога тоа се остварува при значаен отпор или при повисока брзина на исполнување.

Антагонистите се мускули со спротивно дејство на агонистите. На пример, антагонисти на флексорите се екстензорите. При извршување на дадено движење, според законот на Sherrington за реципрочната инервација, тонусот на антагонистите се блокира, за да се даде можност за дејство без пречки на агонистите. Во пракса движењето започнува под дејство на агонистите и често продолжува по инерција. Сопирањето на движењето во точно определен момент всушност е возможно, само благодарение на навременото вклучување на антагонистите, кои преку ексцентричната контракција го амортизираат инерциониот момент и обезбедуваат бавно и навремено прекратување на движењето. Дисфункцијата на антагонистите на дадено движење најчесто не влијае на неговата сила, но се одразува негативно на координацијата.

Мускулите стабилизатори ја осигуруваат неопходната фасција на соседните моторни сегменти, кога движењето треба да се оствари точно во даден зглоб. Тие осигуруваат неподвижно место на припојување за агонистите и ги стабилизираат соседните зглобови во саканата позиција. Стабилизацијата е неопходна не само во проксимално сместените зглобови, но и во дистално сместените зглобови.

Кај движењата на екстремитетите стабилизација се бара, не само во нивниот кинетички синџир, но и на тораксот. Оддалечувањето на екстремитетот од телото предизвикува момент на вртење на гравитацијата во истиот правец и тоа бара стабилизирање на тораксот. При работа како стабилизатори, мускулите функционираат главно во изометриски режим.

Мускулите неутрализатори ја елиминираат несаканата компонента од дејството на даден мускул двигател. Тоа се наложува, бидејќи во многу случаи саканото движење не се остварува точно во правец на влечење на мускулните влакна. На пример, дејството на *m. levator scapulae* е насочено кон латералниот наклон и ротирање на главата во истоимениот правец и истоимената елевација на скапулата, доколку не е фиксирана. Доколку саканото движење е само латерален наклон на главата, тоа истовремено треба да го вклучува влезниот дел на *m. trapezius* за да ја стабилизира скапулата (мускул стабилизатор) и *m. sternocleidomastoideus* од истоимената страна за да го неутрализира ротаторното дејство на *m. levator scapulae* (*m. sternocleidomastoideus* во случајот е неутрализатор).

Многу често мускулите делуваат како меѓусебни неутрализатори. На пример, кај флексија на дланката, *m. flexor carpi radialis* меѓусебно го неутрализира радијалното и улнарното влечење и на таков начин ги обединува заложбите кон флексија во сагиталната рамнина.

Видови мускулна контракција

Според режимот на работа на мускулот при дадено моторно дејство се разликуваат четири основни типови мускулни контракции:

- *изометрична,*
- *концентрична,*
- *ексцентрична и*
- *екоцентрична.*

Дефинирањето на видот на мускулната контракција станува според соодносот помеѓу генерираната од мускулите тензија и силата на надминување на отпорот, т.е. според промената во должината на мускулните влакна.

Кај *изометричната (статична) контракција*, развиената влечна сила од мускулот е еднаква со надворешниот отпор. Поради тоа должината на мускулните влакна останува непроменета и не настапува аголно движење во соодветниот зглоб. Тој режим на работа дозволува на мускулот да учествува во стабилизациона коконтракција, која осигурува динамичка стабилизација во даден сегмент или зглоб.

Кај *концентричната (изотонична) контракција*, мускулната влечна сила го надминува надворешниот отпор. Како последица на тоа мускулните влакна се контрахираат и припојните места на мускулот се доближуваат. Тој тип на контракција дава можност на мускулот да прави дадено движење како агонист (основен или помошен двигател). Концентричното мускулно дејство се користи тогаш кога треба да се предизвика забрзување на даден сегмент во определен правец.

Кај *ексцентричната контракција* надворешниот отпор ја надминува влечната силата на мускулот. Како последица на тоа, и покрај тензијата, мускулните влакна се издолжуваат и припојните места на мускулот се раздалечуваат. Тој тип контракција дава можност на мускулот да учествува како амортизер, примајќи ги инерционите сили и контролирајќи го спротивното дејство како антагонист. На пример, после отскок кај приземјувањето, екстензорите во коленото и карличниот зглоб преку ексцентричното дејство ги амортизираат настанатите инерциони сили и обезбедуваат меко и лесно приземјување. Ексцентричното мускулно дејство се користи тогаш кога треба да се забави даден сегмент и да се сопре забрзувањето.

Екоцентричната контракција се манифестира кај многузглобните мускули, кога при дадено комплексно движење тие се скратуваат во еден зглоб, но истовремено се издолжуваат во друг. На тој начин се зачувува должината на влакната и соодветно контрактилната способност. На пример, при поставување на ногата врз стапалото, флексијата на коленото предизвикува скратување на ишиокруралните мускули, а флексијата во колкот предизвикува истовремено нивно растегнување. Качувањето врз блокче бара екстензија во коленото, кое ги издолжува ишиокруралните мускули и флексија во колкот, која што ги скратува.

Манифестацијата на изокинетичка контракција бара специјална и скапа опрема (првите апарати за изокинетички тренинг се Cybex и Orthotron). Кај овој тип на контракција се одржува еднаква брзина на движење при контрахирање на мускулот.

Изокинетичката вежба е многу ефикасен метод, бидејќи дозволува мускулот да работи со еднакво релативно оптоварување во целиот дијапазон на движења. Слична промена и адаптирање на отпорот спрема промените во тензионите можности на мускулот за време на движење се постигнува и преку покажување на мануелен отпор. Тој метод всушност не е толку прецизен. Како целина основната предност на изокинетичката вежба е дека го адаптира отпорот кон можностите на пациентот. Доколку пациентот го прекине движењето или го намали напорот поради болка или слабост, апаратот исто така сопира или го намалува отпорот.

За обновувањето на мускулната функција да биде соодветно, треба да се вежбаат сите режими на мускулна работа и да се внимава на каков режим работи главно даден мускул за време на секојдневните работни и домашни дејности.

Кинетички синџири

Кинетичкиот синџир претставува поврзување на лостовите, што дава можност за движење меѓу нив. Локомоторниот апарат, исто така може да наликува на системот од коскени лостови, подвижно споени помеѓу себе преку зглобови.

Кај *затворениот кинетички синџир* нема коскен лост со слободен крај. Сите лостови се поврзани меѓу себе или крајот на синџирот е во контакт со неподвижна потпора. Затворен е кинетичкиот синџир на долниот екстремитет, кога се стапнува врз потпората или на горните екстремитети кога се држи стап или кога се во контакт со потпора. Кај тој тип на кинетички синџир, промената во позицијата на еден од лостовите води до промена во позицијата и на останатите лостови. Доколку од седење се обидеме да го екстензираме едното колено без да ги одделуваме стапалата од потпората, треба да се исправиме, што предизвикува истовремена екстензија во колкот. Кога мускулите работат во затворен кинетичка синџир, при контакт со потпората, тие манифестираат реверзивно дејство – го движат тораксот и проксималните сегменти спрема фиксираниот дистален сегмент.

Кај *отворениот кинетички синџир* последниот коскен лост има слободен крај. Затоа промената на позицијата на даден лост не бара задолжителна промена на позицијата на останатите, т.е. движењата можат да се извршуваат изолирано во одделните зглобови. Во отворениот кинетички синџир најчесто работат горните екстремитети и долните, кога стапалото не е во контакт со потпората. Доколку од седење го екстензираме коленото, одделувајќи ја ногата од подот, мускулите ќе работат во отворен кинетички синџир и движењето ќе се изврши изолирано само во зглобот на коленото.

I. 5 УЛОГА НА ГРАВИТАЦИЈАТА НА ЧОВЕКОВИТЕ ДВИЖЕЊА

Човековото тело се наоѓа под постојано дејство на гравитацијата. Силата на гравитацијата дејствува врз скелетно - мускулниот систем во две насоки:

1. Тежината која ја има телото како целина се стреми да го премести, т.е. да предизвика негово праволиниско движење во вертикална насока кон центарот на земјата. Тоа се нарекува *транслаторен ефект на гравитацијата*. Во секојдневниот живот, овој транслаторен ефект се неутрализира од страна на потпорната површина, која пак ѝ се спротивставува на гравитационата сила со сила еднаква по големина и насочена нагоре. На тој начин телото останува стабилно доколку стои на доволно здрава потпорна површина. Во спротивно, доколку недостига таква површина, телото извршува транслаторно движење во вертикална насока. На пример, така се придвижува човековото тело при скок во вода.

2. Секој одделен сегмент од човековото тело, под дејство на силата на сопствената тежина, може да биде придвижено во соодветниот зглоб, доколку не се наоѓа во рамнотежа. Еден сегмент на човековото тело се наоѓа во рамнотежа тогаш, кога неговата линија на гравитација минува низ неговата потпорна точка, т.е. низ центарот на движење во зглобот. При различните положби и пози на телото, голем број од неговите сегменти (делови) може да не се наоѓаат во рамнотежа. При тоа, тие извршуваат ротаторно движење во соодветниот зглоб, во случај да не постојат сили што ќе се спротивстават на тоа движење. Ова е т.н. *ротаторен ефект на гравитацијата*, кој ќе го објасниме со следниот пример. Да претпоставиме дека од положба на стоење, ја придвижуваме (абдуцираме) ногата настрана со исправено колено за 40° (движење кое се извршува во зглобот на колкот). Во оваа положба, линијата на гравитацијата на ногата нема да минува низ потпорната точка на сегментот т.е. низ центарот на движење во зглобот на колкот. Доколку сите мускули околу зглобот на колкот се наоѓаат во релаксирана состојба, тогаш под дејството на гравитационата сила ногата ќе се врати во првобитната положба. Ова движење ќе се изврши без учество на мускулите аддуктори. Но, доколку сакаме движењето да се изврши бавно, тогаш тоа се извршува под контрола на мускулите абдуктори што во овој случај претставуваат антагонисти на даденото движење. Тие, наоѓајќи се во ексцентрична контракција и бавно издолжувајќи се, ќе ја контролираат брзината на движењето. Само во случаите кога ногата се враќа во првобитната положба нагло, со сила или со совладување на некаков отпор, тогаш движењето се извршува од страна на мускулите аддуктори, кои се потпомогнати од силата на гравитацијата.

При сите движења на човековото тело кои се извршуваат од силата на гравитацијата, но се контролирани од страна на мускулите, мускулите антагонисти се оние кои директно учествуваат во движењето.

I. 6 ВЕРТИКАЛНА ПОЗА; ИСПРАВЕНО СТОЕЊЕ

Исправеното стоење е во основата на голем број моторни активности на човекот во неговите секојдневниот живот и работа.

Одржувањето на вертикалната поза е поврзано на прво место со проблемите на рамнотежата. Човекот треба да одржува рамнотежа во исправена положба не само при неподвижна поза, но и при најразлични положби и движења на телото.

Кога ќе се земе предвид дека човековото тело е составено од голем број делови, кои во секој момент имаат најразлична заедничка распределба, јасно е дека зачувувањето на вертикалната поза е навистина сложен процес.

Кинезиологијата го разгледува исправеното стоење од неколку страни со оглед на влијаечките механички услови и закономерности, земајќи ги предвид мускулниот баланс, кинестетичкото чувство и мускулната координација.

Според биомеханиката, рамнотежата на телото зависи од три фактори – големина на потпорната површина, висината на центарот на тежина над потпорната површина и локализацијата на линијата на гравитација со оглед на центарот на

потпорната површина. За човекот во обичниот живот, висината на центарот на тежина и големината на потпорната површина не можат значајно да бидат променети при исправено стоење.

Високо-расположен центар на тежина на човековото тело при оваа положба и релативно малата потпорна површина не се многу благопријатни за зачувување на рамнотежата. Во замена на ова, третиот фактор најрационално се користи за одржување на рамнотежата на здравиот човек при вертикална поза.

Основна улога за правилна поза на телото кај човекот игра 'рбетниот столб, кој кај развиен човек има правилно поставување во сагитална и фронтална рамнина.

Во пренаталниот период и непосредно по раѓањето, 'рбетниот столб е во тотална кифоза. При исправувањето на главата и тораксот постепено се формираат лордотичните кривини во цервикалниот и лумбалниот дел. На старечка возраст овие кривини започнуваат да се исправуваат и 'рбетниот столб има тенденција да ја возвраќа својата кифотична поза како резултат на дегенерацијата на интервертебралните дискови, фиброзирањето на лигаментите, остеопорозата и др.

Позата на 'рбетниот столб, особено на лумбалниот дел зависи од положбата на карлицата. Нормалните кривини на 'рбетниот столб се забележуваат при неутрални положби на карлицата.

Во однос на сагиталната рамнина тоа значи:

- Spina illiaca anterior et spina illiaca superior да бидат на едно хоризонтално ниво;
- Spina illiaca anterior superior и пубичната симфиза да се на иста вертикална линија.

При свртување на карлицата кон напред во сагитална рамнина се зголемува лордозата, а при свртување кон назад лордозата се израмнува.

Во фронталната рамнина, карлицата треба да е хоризонтална и во праксата се обележува еднаквото ниво на илиачни криви од двете страни. Елевацијата на карлицата во фронтална рамнина предизвикува сколиозна крива во истата насока.

Исправено стоење

Исправеното стоење на двете нозе е уникат за човечкиот вид. Ова дозволува горните екстремитети да се ослободат од потпорна функција и да можат да извршуваат пофини и сложени моторни активности.

Другата основна предност на исправеното стоење е издигнувањето на нивото на поглед, кое што значајно го зголемува видниот преглед. Од механичка гледна точка, исправеното стоење крие важни недостатоци:

- Го зголемува оптоварувањето на 'рбетниот столб, карлицата и долните екстремитети, кои што ја преземат целата тежина на телото.
- Се намалува стабилноста поради намалувањето на потпорната површина и издигнувањето на општиот центар на тежината.

Правилното стоење бара минимален мускулен напор за неговото одржување. При правилно стоење телото е во максимална стабилност и рамнотежа, и голем дел од оптоварувањето се презема од неконтрактилните коскени и лигаментарни структури. Заземањето на неправилна поза или динамично излегување надвор од исправено стоење ангажира значајно мускулно дејство, затоа што тоа треба да ги неутрализира силите кои се насочени кон нарушување на рамнотежата.

Класичната идеална поза при стоење (гледано од страна) е кога едната вертикална линија минува преку увото, телата на цервикалните прешлени, врвот на рамото, аксиларната линија на градниот кош, телата на лумбалните прешлени, малку зад колкот и малку пред оската на движење во коленото и точно пред латералниот малеол.

На тој начин дејството на гравитацијата е насочено кон одржување на нормалните физиолошки облини како што споменавме претходно. Во однос на долните екстремитети дејствието на гравитацијата е различно во одделни зглобови.

Во колкот гравитацијата предизвикува екстензионен момент, како и намалување на инклинација на карлицата. Затоа при нормално стоење флексорите во колкот се ангажирани да го неутрализираат дејството на гравитацијата и да ја одржуваат неутралната положба на карлицата и колковите.

Во тибеофеморалниот зглоб дејството на гравитацијата предизвикува екстезионен момент, поради што зглобот се заклучува и не е неопходен мускулниот напор за негово задржување во неутрална позиција. Хиперекстензијата се контролира од пасивни структури, како што е дорзалниот дел на зглобната капсула.

Во однос на глуждот, гравитацијата предизвикува дорзално-флекссионен момент и затоа плантарните флексори се ангажирани со нејзиното неутрализирање, особено m.soleus.

Во однос на фронталната рамнина, идеалното исправено стоење бара целосна симетрија т.е. главата да е исправена и без латерален наклон, рамениците да се на едно ниво, стернумот да е на средината, карлицата да е хоризонтална, колената да се симетрични и да не се отклонуваат во варус или валгус, стапалата да се симетрично, лесно свртени кон надвор. Мускулите што ја одржуваат динамичната рамнотежа во фронтална рамнина се: паравертебралните мускули, m.quadratus lumborum, абдукторите и аддукторите на колкот, m.tibialis posterior, m. flexor hallucis longus, m. flexor digitorum longus, mm.fibularis longus et brevis. Најизразено е дејството на плантарните и дорзалните флексори на глуждот, кои се особено оптоварени.

Поза при седење

Правилната поза при седење е од големо значење за современиот човек. Од една страна седењето предизвикува значителни проблеми на лумбалните интервертебрални дискови, поради флектирањето на лумбалниот дел. Од друга страна, работните секојдневни услови на современиот човек најчесто заземаат продолжително поза на седење. Истражувањата покажуваат дека положбата на седење предизвикува зголемување на интервертебралниот притисок со околу 40% спрема исправеното стоење. Израмнувањето на лордозата секогаш предизвикува зголемување на интервертебралниот притисок и затегнување на дорзалните структури, особено кога при седење човек е опуштен кон напред. Користење на ергономичен стол, кој дозволува одржување на инклинација на карлицата предизвикува одржување и на физиологична лордоза, што го намалува интервертебралниот притисок. Кај овој тип на столови без потпирач сепак се оптоваруваат грбните мускули, кои што треба да го задржат тораксот исправено.

Кај луѓето со лумбални патологии седењето бара усогласување со нив. Доколку има проблем со фасетните зглобови наведната поза е поблагодаријатна, бидејќи ја опушта задната колона и ги отвора фасетните зглобови. Доколку проблемот е во интравертебралниот диск, несоодветно е седење со зачувана лордотична крива, што не го зголемува притисокот и оптоварувањето на предната колона. Користењето на стол со лумбален држач предизвикува најмало оптоварување на интервертебралните дискови.

Клучните фактори кои даваат можност за седење со минимално оптоварување на 'рбетниот столб се:

- Одржување на физиологичните криви преку соодветен наклон за зголемување на инклинацијата.
- Стапалата да се стапнати целосно на подот.
- Присуство на лумбална крива на потпирачот.
- Одржувањето на торзото во исправена положба.

Поза на телото при лежење

Заземањето на тилна лежечка положба се смета за најрелаксирачка поза на телото. Оваа позиција предизвикува најниско оптоварување на интервертебралните дискови - околу 4 пати пониско, отколку при стоење. Правилна поза при тилна лежечка положба бара хоризонталната линија да поминува приближно преку истите белези, како и кај вертикалната линија при стоење. Затоа површината на која се лежи треба да биде доволно тврда, за да ги одржува физиолошките криви на 'рбетниот столб, но од друга страна, треба да биде и доволно мека, за да создава комфорот и да прилега на кривите на телото. Се смета дека лежењето на стомак не е препорачано, бидејќи стресно влијае врз цервикалниот дел. Поставувањето на перница под главата во овој случај го зголемува стресот врз цервикалниот дел.

I. 7. КОМПЕНЗАТОРНИ И ЗАМЕНСКИ ДВИЖЕЊА

Човечките движења се карактеризираат со неколку параметри: *сила, обем, координација, брзина, издржливост* и др. Во клиничката пракса, најважни се обемот на движење на зглобовите, мускулната сила и координацијата на движењата. При многу заболувања и повреди на локомоторниот апарат, поврзани со парализа или слабост на мускулатурата, контрактури, ограничена подвижност на зглобовите и др., организмот се стреми да го намали дефицитот во движечката функција и да ја замени загубената функција преку дејството на други мускули. Така, доаѓа до појава на заменски движења, кои по правило никогаш не можат во целина да ги заменат движењата што недостигаат.

Кога се разгледува патологијата на движењата и се класифицираат моторните отстапувања од видот на трикови, компензаторни, заменски и други движења, најправилно е да се тргне од споменатите параметри. Најправилно е при ограничување на обемот на движење во зглобовите да се зборува за *компензаторни движења*, а при засегнување на силата на мускулатурата да се зборува за *заменски движења*. Слабоста или парализата на мускулатурата се заменува со дејството на други мускули - *заменски движења*. Ограничувањето на обемот на движење на зглобовите се компензира преку движења во други зглобови - *компензаторни движења*.

Некои заменски движења кои што се појавуваат во почетокот на заболувањето, треба да се прекинат при појавата на првите знаци на подобрување, бидејќи ваквите заменски движења кријат опасност од создавање на погрешни движечки стереотипи. Во други случаи, при трајни и неповратни оштетувања, неопходно е тренирање и обука на пациентот да извршува вакви движења.

Разликуваме два вида на заменски движења:

- Движења кои што можат да не заблудат дека определени мускули функционираат, додека тие всушност се парализирани. Ваквите движења се наречени *трикови движења*.
- Движења, кои што донекаде можат да ја заменат функцијата на некои ослабени или парализирани мускули, а се нарекуваат *субституирачки движења* или *вистински заменски движења*.

Постојат два вида компензаторни движења: *директни и индиректни компензаторни движења*. *Директни компензаторни движења* се движењата кои се извршуваат во соседниот зглоб на засегнатиот и физиолошки се еднонасочни на загубените движења. На пример, ограничувањето или загубата на супинацијата во лактот може да се компензира со надворешна ротација во рамото, а пронацијата – со внатрешна ротација во рамото. Оваа компензација е особено ефективна при исправена рака, додека при флектирана рака во лактот, компензаторното движење на внатрешната ротација во рамото се попречува од тораксот. Друг пример за директна компензација е компензирањето на ограничената абдукција или флексија во рамото преку движењата на скапулата, т.е. движењата во акромио- и стерно-клавикуларниот зглоб. *Индиректни компензаторни движења* се движењата кои се извршуваат по кинетичкиот синџир во зглобовите кои се оддалечени од засегнатиот.

- При многу отежнати и движења што недостигаат во интервертебралните зглобови на 'рбетниот столб ротацијата на тораксот налево и надесно од исправено стоење (пр. свртување, за да може да види назад) може да биде делумно компензирана со ротација на карлицата во колкот (внатрешна ротација, аддукција и флексија во едниот колк и надворешна ротација, абдукција и екстензија во другиот) и движења во долните скочни зглобови.
- Многу ограничената или недоволна абдукција во рамото може да биде компензирана за движењето на фаќање на некој предмет настрана од телото преку екстремна дорзална флексија на дланката при полупронирана подлактица и наклонување на трупот на другата страна.
- Загубата на екстензионото движење на стапалото при плантарно-флексивна контрактура во глуждот може да биде компензирано при одење преку надворешна ротација во колкот.

I. 8. МОТОРНИ АКТИВНОСТИ НА ЧОВЕКОВОТО ТЕЛО

ОДЕЊЕ

Можноста за одење во исправена положба е универзална способност на човекот. Одот е индивидуален и неговата карактеристика варира во широк дијапазон.

Претставува ритмична дејност при која додека едниот од долните екстремитети ја исполнува улогата на потпора, а другиот се придвижува напред во воздухот. Тоа се извршува наизменично, при што секој од екстремитетите минува низ двете фази – *потпорна* и *фаза на нишање*. Периодот за кој секој екстремитет ги извршува овие две фази се вика *двојно стапнување*. Потпорната фаза започнува кога петата на екстремитетот што е изнесен на напред го допре подот и трае додека големиот прст на ногата не се одлепи од подот. Фазата на нишање започнува кога ногата ќе се оддели од подот и трае до повторното допирање на петата со подот. При обично одење, двете фази имаат различно времетраење. Секогаш потпорната фаза трае подолго од фазата на нишање. Со забрзување на одењето оваа разлика се намалува, при што кај трчањето се добива обратното – секогаш фаза на нишање трае подолго од потпорната. Тоа е една од суштинските кинезиолошки разлики меѓу одењето и трчањето.

Потпорната фаза има два периода. Првиот започнува со допирањето на петата на изнесениот на напред екстремитет со подот. Со тоа насоченото тело на напред ја зголемува потпорната плоштина, потпорната точка се променува и рамнотежата се обновува. Постепено, тежината на телото се преместува на напред врз новиот потпорен екстремитет и во одреден момент линијата на гравитацијата паѓа директно над глуждовите. Со тоа завршува првиот период на потпорната фаза. Овој период се вика *воздржен* и има за цел да го задржи залетот на телото, со што и ќе ја возобнови рамнотежата. Во вториот период – *пропулзиски* – тежината на телото продолжува да се движи на напред, центарот на гравитацијата ги надминува границите на потпорната плоштина. Се достигнува до привремено губење на рамнотежата што се компензира со изнесување на напред на другата нога. Во вториот период потпорната ногата служи за исфрлање на телото на напред и предизвикување на движење.

Откако ногата ќе се оддели од земјата преминува во *фаза на нишање*, за чие време заедно со целото тело се движи на напред. Во воздухот, ногата се движи со што се изнесува пред телото и се овозможува повторно заземање на потпорната фаза.

При обичното одење, почетокот на потпорната фаза на едната нога се совпаѓа со крајот на пропулзискиот период на другата нога. За одредено време и двете нозе се наоѓаат на земјата и тоа е периодот на двојна потпора.

Кога одењето е бавно овој период трае околу половина од времето на фаза на замав. Со забрзување на одењето, периодот на двојната потпора станува се пократок, за целосно да исчезне при трчање кога и двете нозе во еден момент се наоѓаат во воздух.

При побрзото одење за разлика од бавното, телото е повеќе наклонето на напред, периодите на двојна потпора се пократки, должината на чекорите е поголема, исто како и нивната фреквенција.

Анализа на движењата во зглобовите при одење (по Уелс)

Одењето на прво место се остварува преку движењата на сегментите на долните екстремитети. Паралелно со тоа, помошна улога имаат и движењата на карлицата, 'рбетниот столб и горните екстремитети. Во долните екстремитети се извршуваат главно движења на флексија и екстензија. Карличниот појас помага при овие движења, поставувајќи ги зглобните јамки во благопријатна позиција за дејството на соодветната натколеница при одењето. Тоа се постигнува преку движењата во лумбалната и торакалната област на 'рбетниот столб, а исто и преку движењата во спротивниот колк. На таков начин кога најпрво едниот, а потоа другиот екстремитет се изнесат напред при одење, движењата на флексија и екстензија во колкот се придружени од лесни движења на ротација и на абдукција и аддукција во тој зглоб, а исто и од лесна латерална флексија и ротација на 'рбетниот столб.

Подолу е претставена анализа на движењата во секој одделен зглоб при фаза на нишање и потпорна фаза. Оваа анализа е системска и не ја дава редоследноста и заемната поврзаност за време на движењата во зглобовите при одењето.

А) Фаза на нишање

Колк - флексија, придружена од надворешна ротација, која се јавува компензаторно поради внатрешната ротација на карлицата во односна другиот екстремитет. Аддукцијата во почетокот и абдукцијата на крајот на фазата се поизразени при брзо одење.

Колено - флексија преку првата половина и екстензија преку втората половина на фазата.

Глужд - дорзална флексија во почетокот со достигнување на нултата положба во крајот на фазата.

Карлица и 'рбетен столб - ротација кон спротивната страна. Задржување на карлицата во хоризонтална положба, за да не се наклони латерално (во фронтална рамнина) и да падне кон неподржаната страна.

Горни екстремитети - левата рака се изнесува напред заедно со десната нога и обратно. Задачата на овие движења на рацете, кои се извршуваат чисто рефлекторно и без видна мускулна активност е урамнотежување на ротацијата на карлицата. Без движењата на рацете горниот дел на торзото би ја следила ротацијата на карлицата и тоа ќе предизвика непријатен и напрегнат од.

Б) Потпорна фаза

Колк - екстензија со намалување на надворешната ротација до лесна внатрешна ротација. Без промена во однос на абдукцијата.

Колено - блага флексија во почетокот на воздржниот период при контактот со подот, проследено од екстензија.

Глужд - лесна плантарна флексија во почетокот на воздржниот период која понатаму се намалува и доаѓа до лесна дорзална флексија (под дејството на тежината на телото, која понатаму е попречена од плантарните флексори). Повторно плантарна флексија на крајот на пропулзискиот период.

Прсти на долните екстремитети - хиперекстензија на крајот од пропулзискиот период, која е поизразена при брзо одење.

Карлица и 'рбетен столб - ротација кон истата страна. Задржување на карлицата во хоризонтална положба, за да не се наклони латерално (во фронталната рамнина) и да падне кон неподржаната страна.

Горни екстремитети - изнесување на напред на истоимената рака.

Анализа на мускулното дејство при одење

Колк

Три мускулни групи од оваа област играат улога при одењето - екстензори, флексори и абдуктори. Улогата на аддукторите и ротаторите е помалку проучена и се смета за главно помошна.

Екстензори на колкот - *m.gluteus maximus* се активира ексцентрично уште на крајот на нишањето со две основни цели - забавување и сопирање на движењето на натколеницата напред и подготовка за контакт со потпората. При почетниот контакт *m.gluteus maximus* силно е активен. Неговото дејство го задржува тораксот во исправена положба и истовремено започнува концентрична екстензија во колкот, предизвикувајќи поместување на тораксот напред спрема фиксираниот долен екстремитет. Без неговото дејство тораксот би се наклонил напред, затоа што движењето на долниот екстремитет нагло запира при контакт со потпората, а движењето на тораксот има тенденција да продолжи по инерција. Мускулот останува активен до средната потпора (првите 30% од циклусот на одењето), предизвикувајќи екстензија во колкот, што во затворено кинетичко коло предизвикува екстензија и во коленото. Ишикруралните мускули асистираат на *m.gluteus maximus* во првите 10% од циклусот на одење како противдејство на реакцијата на потпората, која сака да го флектира потпорниот екстремитет во коленото и колкот.

Флексорите во колкот (mm. iliopsoas, rectus femoris и sartorius) се активираат пред одделувањето на прстите од потпората за да ја забават и ја спречат екстензијата во колкот. Потоа се контрахираат концентрично, предизвикувајќи флексија во колкот и поместување на натколеница напред при предзамавот и почетното нишање. Мускулната активност е за време на првите 50% од нишањето, а во останатиот дел натколеница се движи од стекнатата инерција на почетното нишање. Клучната улога на флексорите во колкот е изнесувањето на натколеница напред и релативното скратување на долниот екстремитет при фазата на нишање.

Абдукторите во колкот (mm. gluteus medius, gluteus minimus и tensor fasciae latae) ја стабилизираат карлицата во фронталната рамнина. Тие се активираат уште во крајот на замавот, при подготовката за почетниот контакт и нивното дејство продолжува во првите 40% од циклусот на одењето, особено во периодот на единичната потпора. Нивната функција е да ја контролираат лесната депресија на карлицата кон замавната страна, но на крајот на потпорната фаза, преку концентричното дејство, да го абдуцираат потпорниот колк. Преку своите вентралните влакна, m. gluteus medius ја асистира флексија и внатрешна ротација, а преку своите дорзални влакна - екстензија и надворешна ротација.

Аддукторите во колкот имаат два врва на активност. Прво се контрахираат при почетниот контакт, оформувајќи стабилизирачка контракција со абдукторите и екстензорите на натколеница. При ова позиција на натколеница, аддукторите ја потпомагаат екстензијата во колкот. Вториот врв на активност е пред нишањето кога ја потпомагаат флексијата во колкот.

Внатрешните ротатори на натколеница (mm. tensor fasciae latae, gluteus minimus и вентралните влакна на gluteus medius) се активни во поголем дел од потпорната фаза. Тие ја ротираат спротивната страна на карлицата напред.

Надворешните ротатори (шесте кратки надворешни ротатори, m. gluteus maximus и дорзалните влакна на m. gluteus medius) се најактивни во почетокот на потпорната фаза. Во синхронизација со внатрешните ротатори тие ја контролираат положбата на натколеница во трансверзалната рамнина спротивставувајќи му се на внатрешното ротирање. На пракса тие ја контролираат положбата на карлицата спрема фиксираната натколеница кон потпората. Улогата им е многу важна при нагла промена на насоката на движењето при одење и трчање.

Колено

Флексорите и екстензорите на коленото имаат важна улога во одењето.

Екстензорите (m. quadriceps femoris) се активираат на крајот на нишањето, при подготовка за почетен контакт. Најголема активност пројавуваат малку по пречекот на потпората со пета (првите 10% од циклусот на одењето), контролирајќи го флексирачкиот момент на реакцијата на потпората. Оваа ексцентрична контракција е една од основните амортизирачки механизми спрема реакцијата на потпората. По ова квадрицепсот дејствува концентрично, екстензирајќи го коленото и надминувајќи го флексирачкиот момент од гравитацијата и реакцијата на потпората. Кај некои луѓе m. rectus femoris пројавува значителна активност при преднишањето, кое произлегува од неговата улогата на флексор во колкот.

Ишиокруралните мускули се најактивни во периодот на првиот контакт на петата со потпората. Пред контактот на петата, тие го забавуваат инертниот екстензионен момент во коленото, спречувајќи го движењето на потколеницата напред. Во првите 10% од потпорната фаза ишиокруралните мускули се активни, потпомагајќи ја екстензијата во колкот и стабилизирајќи го коленото во контракција со квадрицепсот. Кратката главата на m. biceps femoris ја потпомага флексијата во коленото при фазата на нишање. Флексијата на коленото при преднишање и почетното нишање се остваруваат најмногу пасивно од движењето на натколеница напред и се потпомага малку од контракцијата на m. gastrocnemius.

Глужд и стапало

Неколку талокрурални мускули имаат клучна улога во одењето: tibialis anterior, extensor digitorum, extensor hallucis longus, gastrocnemius, soleus, tibialis posterior, fibularis longus et brevis.

Дорзалните флексори на глуждот (tibialis anterior, extensor digitorum и extensor hallucis longus) имаат два периода на активност. При контакт на петата со потпората тие пројавуваат силно ексцентрично дејство за контрола врз пасивната плантарна флексија предизвикана од тежината на телото. Во периодот меѓу почетниот контакт на петата и контактот со целото стапало, m.tibialis anterior го контролира и предизвиканиот пронаторен момент од гравитацијата спрема задноодилниот дел. Втората функција на дорзалните флексори е активната дорзална флексија на стапалото во фазата на нишање кое е дел од синхроното релативно скратување на екстремитетот. Доколку дорзалните флексори не го задржат стапалото во неутрална позиција, предодилниот дел „виси“ надолу и тоа наложува компезаторно зголемување на флексијата во коленото и колкот, за да се скрати доволно екстремитет во нишање. При ваква ситуација можат да се појават и други карактеристични компезаторни механизми како што се: елевација на карлицата во фазата на нишање или циркумдукција наместо флексија во колкот.

Плантарните флексори (m.triceps surae) се активни во поголемиот дел од фаза на нишање. Во периодот помеѓу 10 и 40% од циклусот на одењето, преку својата ексцентричната контракција го контролираат поместувањето на тибијата напред спрема фиксираното стапало. Недостаток на оваа контрола предизвикува зголемување на дорзалната флексија во глуждот и евентуална неконтролирана флексија во коленото. Најголема активност плантарните флексори пројавуваат непосредно по одлепувањето на петата од потпората и активноста им се намалува целосно веднаш по одделувањето на прстите од потпората. При почетното нишање, m.gastrocnemius пројавува мала активност, како асистенција при флексија во коленото. Бидејќи и m.rectus femoris е активен во оваа фаза, па очигледно и во коленото да се пројави мала контракција на флексорите и екстензорите. Останатите плантарни флексори (tibialis posterior, flexor digitorum longus, flexor hallucis longus и mm.fibularis) го потпомагаат дејството на m.gastrocnemius.

II. ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА

Заболувањата, траумите и промените при стареење зависат од мускулно-скелетниот и нервно-мускулниот систем, вклучувајќи го и аксијалниот скелет. Патологиите во сите делови на мускулно-скелетниот апарат се сврзани со болки и дисфункции.

II. 1 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА НА 'РБЕТЕН СТОЛБ

Патокинезиолошките промени во 'рбетниот столб се комплицирани од местоположбата на нервното ('рбетниот мозок и нервните коренчиња) и сврзното (прешлени, интервертебрални дискови, лигаменти) ткиво. Затоа секое разместување и деформација можат потенцијално да предизвикаат притисок на 'рбетниот мозок и на нервните коренчиња, а со тоа и појава на болка и невролошки симптоми.

Некои навики и движења го зголемуваат ризикот од притискање на нервните структури. Затоа е потребно да се знае анатомијата и кинезиологијата на 'рбетниот столб за правилна патокинезиолошка анализа и подготвување на ефективна физиотерапевтска програма.

'Рбетниот столб како и останатите структури во мускулно-скелетниот апарат се предмет на стареење, нарушувања, вродени аномалии и др. Патолошките промени можат да се појават во сите структури, но најчесто се засегаат оние кои се подложни на најголем механички стрес. Како и во останатите области на мускулно-скелетниот систем, патолошките промени се јавуваат во вид на:

- Прекумерен стрес, кој влијае врз нормалните структури.
- Нормален стрес, кој влијае врз структури со влошени механички карактеристики.

Старењето, во најголем степен влијае на интервертебралните дискови и соседните структури. Основните промени се: намалување на количеството течност во интервертебралните дискови и намалување на цврстината на ануларните влакна.

Дегенеративните промени во интервертебралниот диск започнува со микроруптури во анулусот со што се намалуваат способностите да го спречи притисокот на нуклеусот. Во нуклеусот се намалува количеството течност и станува пофиброзен со што се намалува растојанието на дисковите и го стеснува интервертебралниот простор. Причина за овие промени е намалувањето на способноста на движечкиот сегмент да носи натоварување.

Основните механички последици се стеснување на интервертебралниот простор и влошување на сегментарната стабилност. Тоа се предуслов за нарушување на функцијата и полесно трауматизирање. По прешленските тела започнува формирање на остеофити. Стеснувањето на дискот и сегментарната нестабилност предизвикува дорзално изместување на оската на флексија и екстензија во соодветниот двигателен сегмент.

Возрасните промени во интервертебралните дискови се поизразени кај мажите за разлика од жените. Кај мажите таквите проблеми се утврдуваат од 11 до 19 годишна возраст, додека кај жените 10 години подоцна. Можната причина е начинот на живот, поголемите оптоварувања, кревање на тешки предмети кои по правило ги носат мажите.

Визуелните испитувања со магнетна резонанца (MRI) покажуваат дегенеративни дискусни промени кај 25–85% од популацијата, коишто немаат сериозни поплаки од 'рбетниот столб. Кај лицата со поплаки од 'рбетниот столб дегенеративните промени се поизразени. Во пракса, при сите случаи на сериозни поплаки се докажуваат визуелни дегенеративни промени.

Визуелните наоди за дегенеративни промени се зголемуваат со напреднување на возраста, а најзасегнати се сегментите во долниот цервикален и долниот лумбален дел.

Дегенеративните промени во интервертебралните дискови се типичен фактор за предизвикување на лумбална болка. Во многу случаи тие можат да претворат симптоматски и болен лумбален знак во асимптоматски (без поплаки). Тоа се должи на фактот - ако причината за поплаките на пациентите е дискус хернија, со напредување на возраста нуклеусот дехидрира и се стврднува. Ова покажува помалку хидростатски притисок врз анулусот и оттаму пролабирањето на нуклеусот постепено се намалува, предизвикувајќи се помалку поплаки кај пациентите.

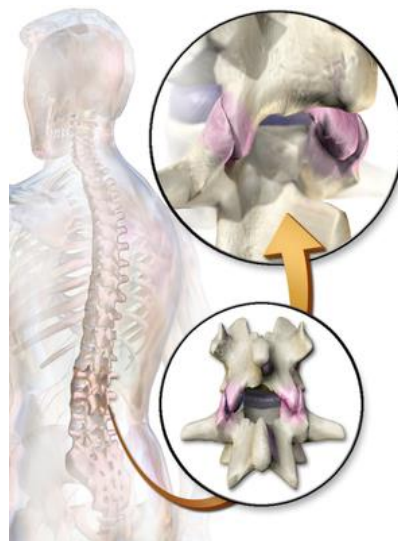
Типични функционални патологии на 'рбетниот столб

Функционалните патологии на 'рбетниот столб се предизвикани од фасетен синовитис, хипермобилност и нестабилност, дегенеративни возрастни промени, репититорни натоварувања и микротрауматизам. Дегенеративните промени во интервертебралните зглобови и дискови се развиваат паралелно. Намалувањето на висината на дисковите предизвикува преоптоварување и хипертрофија на фасетните зглобни површини, како и остеофитоза.

Опишаните подолу патокинезиолошки промени и предпоставки се однесуваат на одделните зглобни структури, но треба да се има предвид дека често се засегнати неколку структури истовремено и проблемите се комплексни. Основните патолошки промени кои можат да бидат разграничени при 'рбетни дисфункции се:

- Фасетни синдроми;
- Спинална стеноза;
- Спондилолистеза;
- Спинална нестабилност;
- Дегенеративна дискова болест;
- Остеоартрит на лумбалниот дел (спондилоартроза);
- Дискус хернија.

Фасетни синдроми се едни од дегенеративните промени на 'рбетниот столб кои се развиваат најрано. Тие се поврзани со трауматска, дегенеративна и воспалителна етиологија. Развивањето, по правило се должи на повреда на силно инервираните зглобни структури. Лицата се жалат на болки после мирување, кои се зголемуваат при раздвижување. Понекогаш се чувствуваат остри болки при нагли движења. Болките можат да се иритирачки, но не се однесуваат за радикуларен синдром (сл. II.1).



Сл. II.1 Фасетен синдром

Спинална стеноза (стеснување на вертеброспиналниот канал или на интервертебралните отвори) во лумбалната област, може да се појави поради коскена хипертрофија на ламините, протрузија на дисковите, остеофитоза по дорзалната површина на прешленските тела или хипертрофија на каудалните зигапофизарни

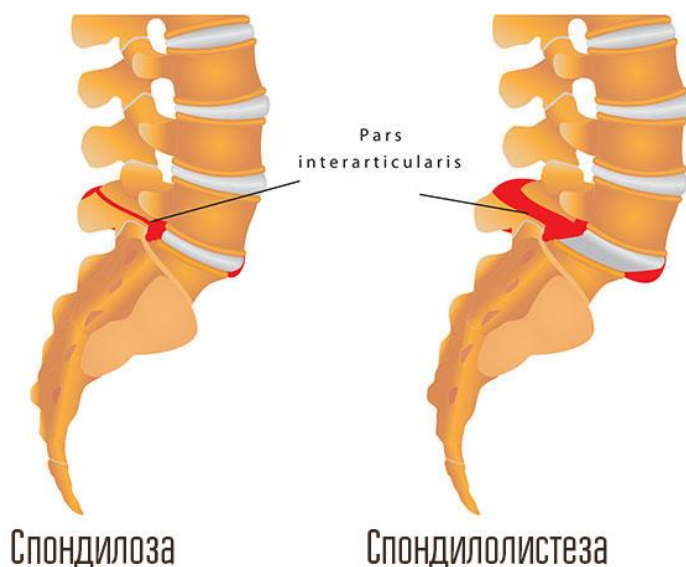
фасетки. Дегенеративните промени во lig.flavum поврзани со фиброзирање можат да предизвикаат хипертрофирање и стеснување на 'рбетномозочниот канал. Спиналната стеноза во цервикалната област најчесто е поврзана со стареењето. Според некои испитувања е докажана спинална стеноза (стеснување на повеќе од 16% од пресекот) при 23% од пациентите на возраст над 64 години.

Симптомите при спинална стеноза се нетипични и неопределени. Обично се заоструваат при стоење и одење, а се ублажуваат при седење. Затоа може да се направи заклучок дека симптомите се зголемуваат при оптоварување на телото, особено при екстензија на 'рбетниот столб и преоптоварување на задната колона (сл.ИИ.2).



Сл.ИИ.2 Спинална стеноза

Спондилолистеза претставува лизгање на еден прешлен кон напред во однос на соседниот прешлен. Најчесто се јавува во лумбалниот дел (L5-S1), но се среќава и во други сегменти. Размерот на венралното лизгање се класифицира во 4 степени. Често спондилолистезата се јавува од билатерална фрактура во задната колона, на местото каде што се сврзуваат горните и долни зглобови (pars interarticularis). Значајни разместувања при спондилолистезата можат да предизвикаат прекин на cauda equina (сл.ИИ.3).



Сл.ИИ.3 Спондилолистеза и спондилоза

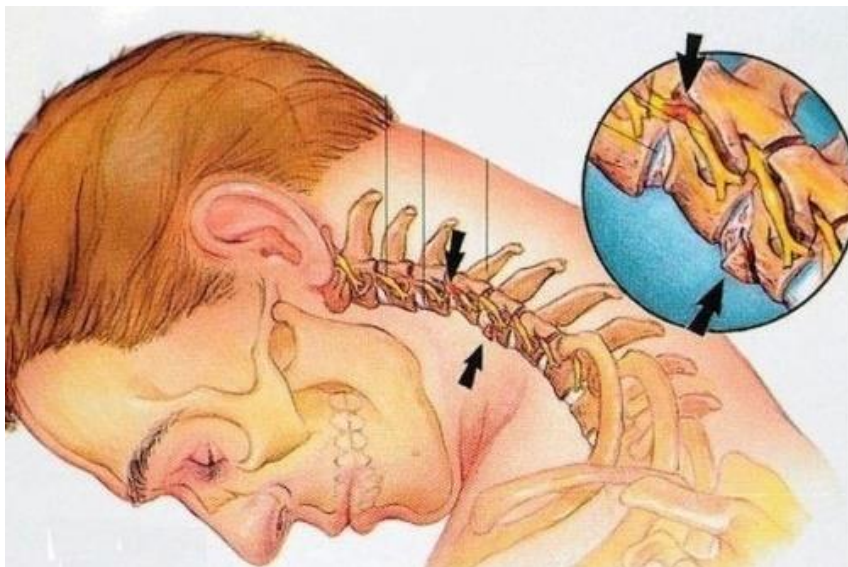
Неправилниот распоред на прешлените при спондилолистеза води до преоптоварување на соседните интервертебрални зглобови, интервертебралниот диск и лигаментите. Преголемото растегнување на лигаментите води до хипермобилност и нестабилност на сегментот. Стеснувањето на дорзалното интервертебрално пространство може да предизвика притисок на нервните коренчиња.

Спондилолистезата може да биде *симптоматска* или *асимптоматска*. Болката може да произлегува од вентралниот и дорзалниот лонгитудинален лигамент, обвивките на нервните коренчиња, прешлените, апофизаните зглобни капсули, синовијалните обвивки или соседните мускули. Лицата често се жалат од постојана болка при задржување на една поза или од минлива болка при промена на позата. Болката обично е концентрирана во областа на лезијата. Кај пациенти со спондилолистеза се контраиндицирани вежбите, кои ги ангажираат екстензорите на лумбалниот дел при што контракцијата на *mm. erector spinae* во сегментот L5-S1 создава вентрално насочен ножен напор на L5 спрема S1.

Спиналната нестабилност обично предизвикува болка при промена на позата, но од друга страна, пациентите не можат да издржат повеќе време во определена поза и затоа често ја променуваат. Седењето обично предизвикува посериозни поплаки за разлика од стоењето.

Дегенеративната дискова болест е поврзана со намалување на количеството течност на дискот и неговото фиброзирање, како и намалување на механичката цврстина на анулусот. Најзначајни последици се влошувањето на абсорбирачките и амортизирачки својства на интервертебралниот диск. Механичкото преоптоварување на дегенеративно променетиот диск може да предизвика лумбална болка. Освен тоа, стеснувањето на дискот предизвикува сегментарна нестабилност, а со тоа лигаментите остануваат релативно подолги и не се доволно добро оптегнати.

Лумбосакралниот моторен сегмент е најчесто засегнат. Болките најчесто се изразени наутро после станување и можат да ирадираат по нозете (сл. II.4).



Сл. II.4 Дегенеративната дискова болест

Спондилоартрозата е типична за лица над 50 годишна возраст и најчесто се појавува во лумбалниот дел. Заболувањето се карактеризира со разрушување и истенчување на хијалината зглобна 'рскавица. Кога се развива на фон на стеснување и на интервертебралните дискови, зглобните отвори се стеснуваат и добиваат неправилна форма. Лицата се жалат од болки и вкочанетост наутро после станување или при продолжително заземање на дадена поза, особено при седење. Обично симптомите се намалуваат при раздвижување, но премногу интензивната моторна активност може да ги интензивира. Понекогаш болката ирадира кон седалниот дел и вентралната површина на бутот (сл. II.5).



Сл. II.5 Спондилоартрозата, спондилоза и остеохондроза

Дискус хернијата е карактеристична за лумбалниот дел. Најчесто се развива како резултат на чести наклонувања напред со ротација или продолжено заземање на поза поврзана со наклон напред и ротирање на 'рбетниот столб.

Од големо значење се дискус херниите во дорзална или дорзолатерална насока. Во овие насоки пролабираниот нуклеус може да го притисне 'рбетниот мозок или нервните коренчиња. Во зависност од степенот на изместување на нуклеусот, дискус херниите можат да се класифицираат во 4 степени: протрузија, пролапс, екструзија, слободна секвестрација (сл. II.6).



Сл. II.6 Дискус хернија

Најлесен вид е дисковата протрузија. Се карактеризира со поместување на нуклеусот и кинење на влакната на анулусот без да излезе од периферијата на интервертебралниот диск. Лицата најчесто се жалат од локална лумбална болка предизвикана од притисокот на надворешниот дел на анулусот и дорзалниот лонгитудинален лигамент. Пролабираниот нуклеус може да предизвика дување во дорзалната и дорзовентралниот дел на интервертебралниот диск и така индиректно да ги притиска нервните структури.

Кај останатите видови нуклеусот пролабира надвор од периферијата на интервертебралниот диск и може да го притисне директно 'рбетниот мозок и нервните коренчиња. Затоа кај нив типичната болка не е локална, а се распространува и дистално по соодветните коренчиња. Типична е невролошката симптоматологија поради притискањето на нервните структури.

Кај пролапс на дискусот нуклеусот ја достигнува и ја напушта периферијата на дискусот, но сепак се задржува од надворешните слоеви на анулусот, кои се интактни.

Кај дисковата екструзија нуклеусот излева и преку надворешните влакна на анулусот и се излива во епидуралниот простор.

Кај слободната секвестрација делови од нуклеусот и од анулусот се одделуваат во епидуралниот простор.

Етиологијата на дискус херниите се поврзува со два механизми:

- *Нагло силно компресивно оптоварување, кога 'рбетниот столб е во флексија или флексија со ротација. Овој механизам се поврзува со јасен трауматичен момент како пад, кревање на поголема тежина итн.*
- *Често повторувачко оптоварување со умерена амплитуда при флексија или флексија со ротација на соодветната област. Овој механизам се развива постепено од кумулативната микротраума, на пример: по неколку години неправилно дигање на тешки предмети со флексија во лумбалниот дел.*

Флектираниот и/или ротиран 'рбет е склон кон дискус хернија, бидејќи дорзалниот дел на анулусот е проширен и заострен. Покрај тоа нуклеусот се притиска вентрално и го насочува хидростатскиот напор во дорзална или дорзовентрална насока. Во мал степен, за зголемениот хидростатски притисок придонесува и мускулниот напор на 'рбетните екстензори, кои се напрегаат за да го неутрализираат вентралниот ротаторен момент на гравитацијата. Во такви услови, нуклеусот бара пролапс во фисури во анулусот. Кога 'рбетниот столб е ротиран, половина од слоевите на анулусот се оптегнати и поднесуваат хидростатски притисок т.е. при ротираниа положба анулусот е два пати поподложен.

Дискогените патологии и притисокот на нервните коренчиња не се карактеристични за градниот дел на 'рбетниот столб. Ова, најмногу се должи на ограничената подвижност на моторните сегменти и дополнителната стабилизација од врската со градниот кош.

Основни фактори за развој на дискус хернија се:

- Предиспозиција од развој на фисури во дорзалната и дорзовентралниот дел на анулусот.
- Доволно течност во пулпозното јадро за да може да генерира значителен хидростатски притисок.
- Немојност на дорзо-латералниот дел на анулусот да одржува хидростатски притисок од нуклеусот.
- Аксијално компресивно оптоварување при флектиран и/или ротиран 'рбет.

Дискус хернијата може да биде предизвикана во отсуство на изразена траума или преоптоварување. Наведната положба на 'рбетниот столб или продолжителното седење (при што лумбалниот дел е флектиран и со намалена лордоза) е предуслов за дорзална миграција на нуклеусот. Постојаното заземање на такви пози постепено може да доведе до истегнување на задниот дел на анулусот и неможност да се спротивстави на дорзалната миграција на нуклеусот.

Здравиот интервертебрален диск е исклучително издржлив кон формирање на дискус хернии дури и при значително преоптоварување со флексиони напори.

Степенот на дискова протрузија не одговара директно на јачината на симптомите. Од голема важност има локализацијата на хернијата, нејзиниот став во однос на пресекот на 'рбетномозочниот канал и ефектот врз стабилноста на сегментот.

Конкретното нервно коренче кое е засегнато при дискус хернија не зависи само од нивото на засегнатиот интервертебрален диск туку и од насоката на хернијата во самиот диск. Болката при дискус хернија се јавува, не од механичкото притискање, туку од ослободување на хемиското соединение фосфолипаза А2 од нуклеусот што го раздражува нервното коренче.

Дискус херниите се карактеристични за мажи на возраст меѓу 25–50 год. Типичната локализација (во 90% од случаите) е во сегментот L4-L5 со зафатеност на нервно коренче L5 или L5-S1 со засагање на нервно коренче S1. Тоа најверојатно се должи на значителната подвижност на овие сегменти. Во сегментот L5-S1 се извршуваат главно ротаторните движења на лумбалниот дел и од таа причина

интервертебралниот диск е изложен на ризик од значително извртување.

Карактеристична при дискус хернија е анталгичната сколиотична поза. Ако хернијата е латерална спрема нервното коренче тогаш наклонот на трупот е во спротивната насока, бидејќи наклонот во истоимената насока предизвикува компресија на коренчето. Ако хернијата е медијално од коренчето тогаш анталгичниот наклон е во истоимената насока, бидејќи наклонот во спротивната го притиска коренчето.

Патокинезиолошки промени при трауми на 'рбетниот столб

Лумбалниот дел е најмногу склон на повреди, исто како и останатите области на 'рбетниот столб. Траумите се добиваат по еднократни преоптоварувања или при повторувачка микротраума. Последниот се добива како при повеќекратно извршување на движења (на пример, наклон напред), така и при подолго заземање на одредена поза (на пример, седење).

Оштетувањата на прешленските тела настануваат при компресивни оптоварувања во неутрална позиција. Компресивните фрактури по правило предизвикуваат колапс на вентралниот дел на прешленските тела, бидејќи механички е послаб.

Оштетувањата во задната колона предизвикуваат намалување на отпорноста до појава на ножичен стрес. Може да предизвика вентрално лизгање на прешленот (спондилолистеза).

Лигаментарните оштетувања во лумбалниот дел најчесто настануваат при пад во позиција седење (при флектиран 'рбет). Во цервикалниот дел лигаментарните оштетувања најчесто настануваат при сообраќајни несреќи, кога автомобилот е удрен одпозади. Овие удари се неочекувани и во отсуство на мускулна стабилизација цервикалниот дел е подложен на последователни, екстремни екстензиони и флексиони движења. Повредата може да настане и при латерален удар, но во фронтална рамнина.

Хиперекстензијата при ваков удар предизвикува нагло истегнување на флексорните мекоткивни структури и крвните садови во вентралниот дел на вратот. Од друга страна, се предизвикува хиперкомпресија во зигапофизарните зглобови. Особено склони кон повреди се mm.longus colli и m.longus capitis. Исто така се засегаат mm.sternocleidomastoideus и mm.scaleni. Последователно се развива протективен спазам на mm.longus colli што доведува до израмнување на цервикалната лордоза. Се отежнува елевацијата во рамената поради недостаток на соодветна проксимална стабилизација на дејството на mm.trapezius pars descendens. Хиперфлексијата се ограничува од контактот на брадата со стернумот.

Патокинезиолошка анализа на траумите на 'рбетниот столб

Траумите на 'рбетниот столб предизвикуваат најразлични дисфункции. Примената на физиотерапијата при такви состојби бара, по поставувањето на дијагнозата, да се изврши прецизна патокинезиолошка анализа врз основа на следните фактори:

- Која е нормалната функција на оштетеното ткиво?
- Каков е стресот врз ткивото под нормални секојдневни моторични активности?
- Каква е анатомската врска на оштетената структура со соседните структури?
- Каква е функционалната врска на оштетената структура со соседните структури?

Ако пациентот е со повреда на дорзалниот лонгитудинален лигамент ќе се направи следната анализа:

1) Функцијата на овој лигамент е да го зајакнува дорзалниот дел на интервертебралната симфиза, да ја ограничува флексијата и подржува стабилноста на 'рбетниот столб.

2) Лигаментот се протега и истакнува при флексија.

3) Анатомски лигаментот е сврзан дорзално со 'рбетниот мозок и вентрално со прешленските тела и интервертебралните дискови.

4) Функционално дорзалниот лонгитудинален лигамент комуницира со

интерглобалниот и надглобалниот лигамент и lig.flavum, при ограничувањето на флексијата на 'рбетниот столб и стабилизирањето на 'рбетномозочните сегменти.

Овој пристап овозможува да се направи соодветна анализа на можните последици од оштетувањето на лигаментите.

При наклон напред, недостатокот на поддршка од дорзалниот лонгитудинален лигамент ќе доведе до хиперфлексија во сегментот и растојание помеѓу задните делови на прешленските тела. Ова создава предуслов за кинење на влакната на анулусот во задниот дел на интервертебралниот диск. Покрај тоа, при компресивно оптоварување, дорзалниот дел на анулусот може да се протрахира повеќе од нормалното кон 'рбетномозочниот канал. Ова може да го траумира 'рбетниот мозок или нервните корења и да предизвика невролошка симптоматологија.

Функционално сврзаните структури со дорзалниот лонгитудинален лигамент, како интерглобалните и надглобалните лигаменти, како и фасетните зглобни капсули, ќе бидат подложени на зголемен стрес поради влошената стабилност на сегментот. Постепено можат да бидат истегнати што ќе доведе до зголемување на сегментарната нестабилност.

Независно од степенот на оштетување, траумите на 'рбетниот столб се поврзани со болка и спазам во грбната мускулатура.

II. 2 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈАНА ГРАДЕН КОШ

Основна функција на респираторниот систем е да внесува кислород и да исфрла јаглерод диоксид од белите дробови. Механичкиот процес на полнење и празнење на белите дробови и воздушните патишта со воздух се нарекува вентилација.

Ритмичниот процес на вдишување и издишување се остварува 12 – 20 пати во минута при мирување. Градниот кош има многубројни функции, меѓу кои е и заштитната улога за белите дробови и срцето со учеството во респираторните движења.

Структура на граден кош

Градниот кош се состои од: стернум, ребра, 'рскивици и торакални прешлени. Од долу е затворен од дијафрагмата. Ребрата се основните ограничувања на подвижноста на торакалниот дел на 'рбетниот столб. Тие се во контакт со телата и напречните израстоци на прешлените во костовертебралните и костотрансверзалните зглобови.

Од секоја страна симетрично се расположени 12 пара на ребра (24). Првите 10 пара ребра артикулираат вентрално со стернумот во стернокосталните зглобови. Кранијалните 7 пара се нарекуваат вистински ребра и се поврзуваат директно за стернумот. Од 8-мото до 10-тото ребро се нарекуваат лажливи и се зацврстуваат на стернумот индиректно преку ребрената 'рскивица на 7-мото ребро. 1-вотото и 12-тото ребро се нарекуваат лебдечки ребра.

Стернумот е долга рамна коска која се наоѓа по средната линија вентрално на градниот кош. Се состои од три дела: дршка (*manubrium sterni*), тело и ксифоиден израсток (*proc. xiphoides*). Движењата на градниот кош се поврзани основно со респираторната функција.

Зглобови на граден кош:

- Манубриостернален;
- Стернокостални;
- Интерхондрални;
- Костотрансверзални;
- Костовертебрални.



Сл. II.7 Структура на граден кош

Манубриостернален зглоб – амфиартроза, слична на пубичната симфиза.

Тој ја сврзува дршката со телото на стернумот. Содржи внатрешен диск кој наполно се калцифицира со напредување на возраста.

Стернокостален зглоб – ги сврзуваат билатерално ребрените 'рскивици на првите 7 ребра со латералните страни на стернумот. Бидејќи ребрата и стернумот се сврзуваат преку значајна по големина 'рскивица, овие површини можат структурно да бидат разделени на стернохондрални и костохондрални поврзувања.

Костохондрална врска – го остваруваат преминот од коскено то во 'рскивичното ткиво во краевите на секое ребро. Тие немаат зглобни капсули и лигаменти. Периостеумот на ребрата постепено преминува во перихондрален слој на 'рскивица. Овие врски дозволуваат минимална подвижност.

Хондростернална врска – се распространува меѓу 'рскилицата и конкавните зглобни фасетки на стернумот. Првата хондростернална врска формира синартроза, обезбедувајќи релативно неподвижна поврзаност со стернумот. Врските од 2-рото до 7-мото се синовијални зглобови, овозможувајќи мала лизгачка подвижност. Секоја хондростернална врска има зглобна капсула придружена од радијален лигамент. Во втората хондростернална врска, често се открива и интраартикуларен лигамент.

Лежечките рабови на 'рскилиците од шестото до десеттото ребро формираат мали, покриени со синовија интерхондрални зглобови, стабилизирани од интрахондралните лигаменти. Дорзалниот дел на секое ребро е во контакт со напречните израстоци и телата на прешлените во две зглобни површини – костотрансверзална и костовертебрална.

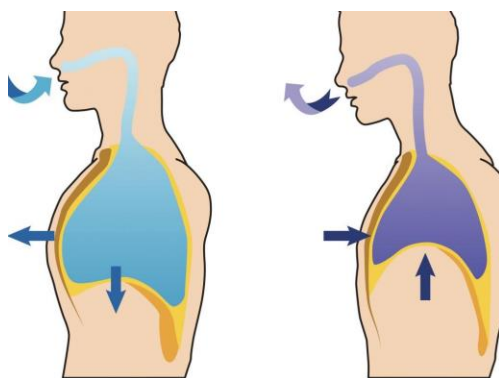
Костовертебрални зглобови – ги сврзуваат главите на секое од 12-те ребра со телата на 12-те градни прешлени. Некои ребра едновременно контактираат со краниално и каудалните соседни прешленски тела. Зглобните површини врз прешлените се нарекуваат фасетки (семифасетки, кога реброто контактира со двата соседни прешлени). Стабилноста на костовертебралните зглобови се обезбедува од зглобната капсула и радијалните лигаменти.

Костотрансверзалните зглобови – ги сврзуваат зглобните туберкули на 1 – 10-то ребро со напречните израстоци на соодветните прешленски тела. 1-рвото и 12-то ребро обично немаат такви зглобови. Костотрансверзалните зглобови се стабилизираат од зглобна капсула и широк (околу 2 cm) костотрансверзален лигамент, којшто го задржува вратот на реброто кон напречниот израсток.

Кинематика на респираторните движења

Дишењето е од клучно значење за целокупната функција на организмот. Од кинезиолошка гледна точка претставува сложен моторен акт, во кој учество заземаат 88 зглобови и над 46 мускули. Белите дробови се пасивни учесници во респираторните движења. Воздушната циркулација во нив се остварува по принципот на промена во притисокот на воздухот - секогаш се насочува од зоните со повисок притисок кон зоните со понизок притисок.

При **вдишување** градниот кош се полни и проширува, предизвикувајќи намалување на притисокот во белите дробови и воздухот од атмосферата навлегува во нив. При **издишување** механизмот е обратен. Градниот кош се празни, тоа го зголемува притисокот во белите дробови и воздухот излегува (Сл. II.8).



Сл. II.8 Кинематика на респираторните движења

Вдишувањето се остварува благодарение на зголемувањето на обемот на градниот кош. Зголемувањето на кранио-каудалниот дијаметар на градниот кош се остварува од спуштањето на дијафрагмата надолу при контракција. Зголемувањето на вентро-дорзалниот и медио-латерален дијаметар се остварува благодарение на ребрените движења.

И петте вида зглобови на градниот кош учествуваат во ребрените движења, но основно значење имаат костовертебралните, костотрансверзалните и стернокосталните зглобови. Тие се неаксијални рамни зглобови, коишто дозволуваат минимална подвижност.

При респираторните движења дијафизите на ребрата се изместуваат околу оската, која ги сврзува костотрансверзалните и костовертебралните зглобови. На овој начин насочените каудални дијафизе се поместуваат краниално и латерално, зголемувајќи ги едновременно и предно-задниот и напречниот дијаметар на градниот кош. Оваа структура дозволува малото поместување во костовертебралните и костотрансверзалните зглобови да предизвика значајно поместување на ребрените дијафизе.

Точната механика на движење на секое ребро се определува од ориентацијата на оската на движење, преминувајќи преку костотрансверзалните и костовертебралните зглобови, која што има мали варијации. Кај горните 6 ребра оската на движење е насочена помеѓу $25 - 45^\circ$ од фронталната рамнина, а кај долните 6 помеѓу $35 - 45^\circ$. Овие особини го определуваат поголемото поместување на горните 6 ребра во вентрална насока, додека долните 6 ребра се поместуваат повеќе во латерална насока, како што е опишано подолу.

Вдишувањето предизвикува лесно свиткување и извиткување на ребрените 'рскивици. Оваа деформација има функција на акумулатор на енергија, при релаксирање на респираторната мускулатура извитканите ребрени 'рскивици се „одвиткуваат“, со што придонесуваат за пасивното свиткување на градниот кош при издишување.

Бидејќи ребрата имаат различна должина и подвижност, движењата на градниот кош предизвикуваат асиметричен стрес врз стернумот. Се смета дека овој стрес започнува од микродвижењата во манубриум-стерналната површина.

Првото ребро има многу мала подвижност, затоа е сраснато потполно со стернумот. Од второто до петтото ребро, се придвижуваат основно напред и нагоре при вдишување и назад и надолу при издишување. Од седмото до десеттото ребро при вдишување се креваат странично и нагоре, а при издишување се спуштаат медијално и надолу. Петтото до седмото ребро се преодни и движењата им се комбинација од двата вида опишани погоре. Сите тие движења се спроведуваат од ротирање на ребрата по нивната должна оска. Лебдечките ребра 1 првото и 12-тото кои што не се зафатени вентрално кон стернумот, при вдишување можат да се изместат странично, а при издишување да се соберат овозможувајќи отворање и собирање во вид на шестар. При нормално дишење тие се прибрани во положба на експириум поради растегнувањето на *m. quadratus lumborum*.

Кинетика на респираторните движења

Дишењето е резултат од ритмична промена во обемот на градниот кош, која се добива од два вида на механизми:

- Отворање и собирање на ребрата;
- Подигање и спуштање на дијафрагмата.

И двата механизми се остваруваат со дејството на мускулите. Најголемо значење имаат *дијафрагмата* и *интеркосталните мускули*. Останатите мускули имаат придружна функција и се вклучуваат доколку има потреба за силно и длабоко дишење, како и кога основните респираторни мускули не функционираат.

Дијафрагмата е најважниот и најефективниот дишен мускул кој остварува 70 – 80% од работата при вдишување. Во дијафрагмата има три отвора низ кои преминуваат хранопроводот, аортата и долната шуплива вена. Иако централната тетива е поставена повисоко од главните зафатени места, при контракција дијафрагмата се спушта надолу. Тоа предизвикува зголемување на градната и свиткување на абдоминалната шуплина. Благодарение на создадениот притисок при раширувањето на градната шуплина, контракцијата на дијафрагмата предизвикува вдишување на атмосферски воздух во белите дробови. При силно и длабоко вдишување дијафрагмата може да се спушти каудално со околу 6-10 cm. Спуштањето на дијафрагмата надолу го зголемува кранио-каудалниот дијаметар на градната

шуплина. Притискањето на абдоминалната шуплина и особено еластичноста на абдоминалните мускули ни укажуваат на спротивставување, кое во определен момент го запира движењето на централната тетива надолу. Блокирањето на централната тетива води до обратно дејство на мускулните влакна кое предизвикува отворање на долните ребра напред и странично т.е. дејството на дијафрагмата предизвикува и раширување на вентро-дорзалниот и медио-латералниот дијаметар во долниот дел на градниот кош.

Интеркосталните мускули се поставени помеѓу ребрата, перпендикуларно едни кон други. На површината се наоѓаат надворешните интеркостални мускули. Тие започнуваат од горното ребро и се спуштаат надолу и медијално кон долното ребро. Затоа ги креваат ребрата, теглејќи ги нагоре секое поединечно. Внатрешните интеркостални мускули имаат спротивно дејство – контракцијата им предизвикува спуштање на ребрата.

M.transversus thoracis - познат уште како *triangularis sterni* или *sternocostalis* се наоѓа по внатрешната страна на тораксот, косо меѓу горните 5 ребра и стернумот. Тие дејствуваат истовремено со абдоминалните мускули при длабоко издишување.

Аксесорните респираторни мускули – помагаат на дијафрагмата и интеркосталните мускули при респираторните движења.

Пример: *m. sternocleidomastoideus* по правило ја движи главата спрема тораксот, но при обратно дејство може да ги подигне ребрата нагоре кон главата. По сличен механизам *m. rectus abdominis* може да ги тегли ребрата надолу при издишување. *Mm. scaleni* при обратно дејство исто така можат да го подигнат нагоре првото и 2-то ребро.

Општо кажано, мускулите го подпомагаат длабокото вдишување се: *m. sternocleidomastoideus, pectoralis major, scalene, levator costarum u serratus posterior superior*. При силно вдишување се вклучуваат уште и *levator scapulae*, горниот дел на *m.trapezius, mm. rhomboidei u mm. pectoralis minor*.

Експираторната функција се подпомага најнеефективно од страна на *mm. rectus abdominis u mm. quadrates lorum*. Силното издишување го потпомагаат *mm. obliquus externus et internus abdominis, mm. transverses abdominis u mm. serratus posterior inferior*.

Координација и синергизам на респираторните движења

Познати се два основни типа на дишење – *градно* и *дијафрагмално*.

Дијафрагмално дишење – е најнеефективно и има најмала потрошувачка на енергија. При контракција дијафрагмата се спушта надолу. Тоа предизвикува ширење на долниот дел на градната шуплина, при што се шират долните, најголеми делови на белите дробови. При дијафрагмално вдишување стомакот се испакнува напред, поради притисокот на стомачната празнина. При издишување дијафрагмата се крева нагоре, ги притиска белите дробови и го турка воздухот од нив. Стомакот се собира, поради ширењето на стомачната празнина.

При стоење, гравитацијата на внатрешните органи ја влече дијафрагмата каудално со што ја потпомага контракцијата. При лежење гравитацијата на абдоминалните органи ја притиска дијафрагмата краниално и при тоа се отежнува дишењето. Затоа лицата со респираторни заболувања се чувствуваат поудобно во полулегната положба, а не во хоризонтална положба во текот на спиењето. На тој начин гравитацијата на абдоминалните органи помага при контракција на дијафрагмата и вдишувањето.

Градно дишење – бара поголем мускулен напор и е помалку ефективно од дијафрагмалното дишење. При вдишување градниот кош се шири како вентро-дорзално, така и во кранио-каудална насока и се крева нагоре. Следејќи ги движењата, белите дробови се шират и воздухот од околната средина навлегува во нив. При издишувањето градниот кош се собира и се спушта надолу, белите дробови се притискаат и воздухот од нив излегува надвор. При градно дишење во белите дробови навлегува значајно помалку воздух отколку при дијафрагмалното дишење. Респираторните движења се значајно пократки и треба почесто да се повторуваат.

При нормално секојдневно оптоварување дишењето треба да е дијафрагмално

и само при зголемена физичка работа да се вклучи дополнително градното дишење. Носење на тесна облека и корсети го отежнува дијафрагмалното дишење и таквите лица се привикнуваат да дишат градно и при мирување.

Во зависност од вложениот напор вдишувањето може да биде: *површно, длабоко и отежнато*.

➤ *Површното дишење* се јавува кога човекот е релаксиран и седи или лежи. Растоварувањето на градниот кош се остварува главно од дијафрагмата и надворешните интеркостални мускули.

➤ *Длабокото дишење* се остварува кога моторната активност бара повеќе кислород. При ширењето на градниот кош се вклучуваат и мускулите кои можат да ги подигнат ребрата нагоре – m. pectoralis minor, mm. scaleni и др.

➤ *Отежнато дишење* се јавува при зголемена физичка работа, кога лицето доживува „кислороден глад“. Тогаш се вклучуваат и мускулите на рамениот појас кои започнуваат од трупот.

Издихувањето може да биде: *лесно и отежнато*.

➤ *Лесното издихување* се остварува речиси пасивно без учество на мускулите. Пасивното дејство се остварува од силите кои потекнуваат од еластичноста на градниот кош при релаксирањето на надворешните интеркостални мускули и силата на гравитацијата.

➤ При *отежнато издихување* се вклучуваат мускулите (главно абдоминалните мускули) кои можат да ги повлечат ребрата надолу и го зголемуваат абдоминалниот притисок, туркајќи ја дијафрагмата краниално.

Во текот на дишењето прво се контрахира дијафрагмата и се спушта каудално. Тоа предизвикува зголемување на интраабдоминалниот притисок и абдоменот се крева напред. По фиксирањето на централната тетива, вертикалните влакна на дијафрагмата предизвикуваат кревање на долните ребра и соодветно ширење на долниот дел на градниот кош. Потоа се вклучуваат парастерналните мускули mm. Scaleni и mm. Levator costarum, коишто ги ротираат горните ребра и го креваат manubrium sterni. Тоа предизвикува зголемување на вентро-дорзалниот дијаметар во горниот дел на градниот кош. При мирување и мало оптоварување издихувањето се извршува пасивно под дејство на еластичноста на градниот кош после релаксирање на мускулите ангажирани за вдишување.

Патокинезиолошки промени во респираторната функција

- Фактори што го ограничуваат ширењето на градниот кош

Респираторната функција во голем степен зависи од еластичноста на градниот кош. Неколку од основните фактори кои можат да предизвикаат ограничување на градниот кош при ширење се:

➤ *Старењето* предизвикува скочанетост на зглобовите и намалување на еластичноста на меките ткива од кои е изграден градниот кош. Белодробниот паренхим исто така ја губи еластичноста. Поради оваа причина за да се вдиши определено количество на воздух треба да се предизвика поголемо оптоварување т.е. дополнително да се оптеретат респираторните мускули. Затоа кај возрасни лица се зголемува преостанатиот воздух по издихувањето и се зголемува и честотата на дишење.

➤ *Заболувања и постурални деформации*, исто така можат да ја засегнат еластичноста на градниот кош. На пример: ревматоидниот артрит предизвикува стврднување на 'рскавицата на стернокосталните зглобови и на тој начин ја ограничува еластичноста на градниот кош. Кифозите и сколиозите исто така можат да ја ограничат еластичноста на градниот кош.

Патокинезиолошки промени во дишењето при ХОББ

Хронична опструктивна белодробна болест (ХОББ) вклучува три компоненти – хроничен бронхит, емфизем и астма. Тие заболувања предизвикуваат воспаление и стеснување на бронхиолите, хронична кашлица, запушување на респираторните патишта со секрет (мукус), истегнување и оштетување на алвеоларните сидови.

Последиците се: *загуба на еластичноста на белодробниот паренхим и колапс*

на бронхиолите. Како последица на тоа се зголемува преостанатиот воздух во белите дробови после издишувањето. При потешките случаи градниот кош останува подотворен во позиција на вдишување (емфизематозен граден кош).

Значајна количина на останатиот воздух и несоодветната позиција на градниот кош ја менуваат геометријата на дејствување на респираторните мускули, особено на дијафрагмата. За време на целиот дишен циклус, дијафрагмата останува оптегната и ниско поставена. Работејќи со скратени мускулни влакна дијафрагмата не развива доволно добра тензија. Линијата на протегање на мускулните влакна се менува, како и фибрите на ребрата се протегаат похоризонтално. Тоа предизвикува влошување на нивната функција во однос на елевацијата на ребрата. При потешки состојби при коишто дијафрагмата е ниско поставена, таа започнува парадоксално да ги тегли долните ребра навнатре, кое дополнително го отежнува вдишувањето.

Како резултат на тензискиот дисбаланс и променетата линија на теглење, намалена е ефикасноста на дијафрагмата при респираторните движења. Поради оваа причина пациентите кои боледуваат од ХОББ се потпираат на аксесорната респираторна мускулатура. Затоа дишењето се отежнува и при мирување. Мускулите како *scaleni*, *sternocleidomastoideus*, *erector spine* и *pectoralis major* видно се напрегаат при дишењето. Болните од ХОББ можат да се препознаат по начинот на којшто одат, наведнати напред потпирајќи се на стабилна површина, како што се рачките на столовите или користејќи бастун. На тој начин ги стабилизираат дистално деловите на големите рамени мускули како *pectoralis major* и *latissimus dorsi* и тие почнуваат да дејствуваат реверзибилно теглејќи ги ребрата и стернумот нагоре кое го помага вдишувањето. Овој механизам го подпомага вдишувањето, но значајно ја зголемува потрошувачката на енергија при стоење и одење коешто може да предизвика замор и диспнеа.

Парадоксално дишење при повреда на цервикалниот дел на 'рбетниот мозок

Прекин на 'рбетниот мозок под нивото на C4 не ја засега инервацијата на дијафрагмата. Интеркосталните и абдоминални мускули обично се парализирани. Затоа кај пациентите со ваква спинална повреда се јавува „парадоксален“ модел на дишење. Анализата на овој модел дава можност за подлабоко разгледување на синергиите помеѓу дијафрагмата, интеркосталните и абдоминалните мускули при нормалното вдишување.

Без стабилизацијата на интеркосталната мускулатура, кој ги влече и фиксира ребрата едно до друго, одлепувањето на дијафрагмата, предизвикува притисок во градната шуплина и води до свивање на градниот кош, особено на горниот дел. Затоа терминот „парадоксално“ дишење се однесува на фактот дека при вдишувањето градниот кош наместо да се шири - тој се собира. Тоа предизвикува намалување на виталниот капацитет. Средниот витален капацитет е околу 4000 cm³, од кои 3000 cm³ се добива благодарение на максималното учество на дијафрагмата.

Кога градниот кош не е стабилизан, контракцијата на дијафрагмата наместо да го шири - го стеснува. Кај такви пациенти постепено интеркосталните мускули развиваат спастицитет со што ги стабилизира ребрата и виталниот капацитет расте до околу 3000 cm³. Непосредно по таква спинална траума при вдишување стомакот се истакнува напред, бидејќи абдоминалните мускули се атонични и не можат да го задржат зголемувањето на притисокот во стомачната празнина предизвикано од дијафрагмата. Недостатокот на отпор од стомачните мускули дополнително ја намалува ефикасноста на дијафрагмата во однос на долните ребра и сето тоа придонесува за намалување на виталниот капацитет по повреда на 'рбетниот мозок.

При седење, пациентите со скорешна повреда на 'рбетниот мозок можат да дишат подобро поради користењето на еластичноста на абдоминалната празнина која покажува мало спротивставување на работата на дијафрагмата при контракција. Затоа таквите пациенти треба да бидат поставени во седечка положба додека абдоминалните мускули не развијат спастицитет, за да се зголеми отпорноста до венстралното испакнување на абдоминалната празнина од спуштањето на дијафрагмата.

II.3 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА НА РАМЕН КОМПЛЕКС

Структура на рамен комплекс

Рамениот кинематички комплекс е пример за сложено координирана интеракција на повеќе коски, зглобови, мускулни и нервни структури. Исправениот став на човекот го ослободува горниот екстремитет за извршување на прецизни дејности. Тоа го определува развојот на мобилност во рамениот кинематички комплекс т.е. стабилноста и носечката функција се заменуваат со зголемување на подвижноста.

Во структурата на рамениот комплекс спаѓаат клавикулата, скапулата, хумерусот, стернумот и ребрата. Тие помеѓу себе се поврзуваат со аксиларниот скелет преку четири зглоба – гленохумерален, акромиоклавикуларен, стерноклавикуларен и скапулоторакален (сл. II.9). Скапулоторакалното поврзување не е типичен зглоб но ги има кинематичките карактеристики на зглобно поврзување помеѓу скапулата и дорзо-латералната површина на градниот кош. Во зглобното поврзување се вбројува и субделтоидниот лизгачки комплекс.

Движењата и стабилноста во рамениот комплекс се определуваат од синхронизирачкото дејство во сите зглобни поврзувања. Од кинезиолошка гледна точка можат да се разграничат две основни структури - рамен појас и рамен зглоб.

Подвижноста е обезбедена од *стерноклавикуларниот и акромиоклавикуларниот зглоб и скапулоторакалното поврзување*. Во пракса, основната функција на рамениот појас е да ја обезбеди неопходната подвижност и стабилност на скапулата, да обезбеди стабилна основа за движењата на хумерусот во гленохумералниот зглоб.

Мускулно дејство во раменскиот појас (сл. II.10)

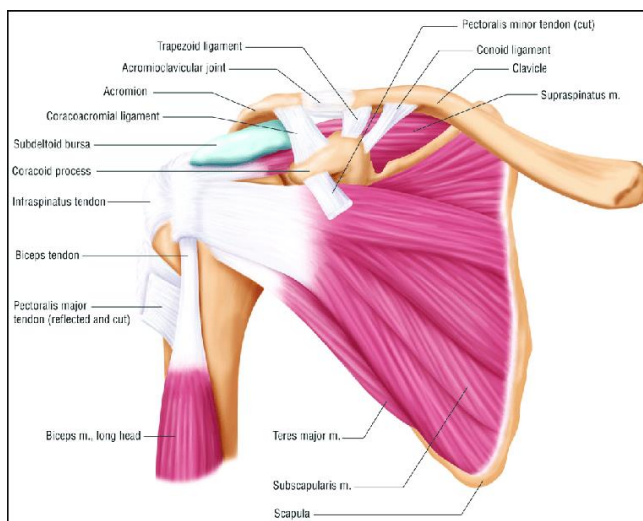
Главните двигатели на раменскиот појас се:

- *mm.trapezius*,
- *mm.levator scapule*,
- *mm.rhomboidei*,
- *mm.pectoralis minor*,
- *mm.serratus anterior*.

Бидејќи започнуваат од раменскиот појас и завршуваат на врвот на скапулата е прифатено како група да бидат наречени скапулоторакални мускули.



Сл. II.9 Зглобови на рамениот комплекс



Сл. II.10 Мускули на рамениот комплекс

Кинематика на гленохумералниот зглоб

Движењата во екстремитетот се остваруваат благодарение на заедничката подвижност во целиот раменски комплекс. Изолираната подвижност само во гленохумералниот зглоб е значително помала, особено при елевационите движења: флексија, абдукција, скапција. Ротаторните движења се остваруваат речиси целосно во гленохумералниот зглоб.

Гленохумералниот зглоб е еден од најподвижните и е најнестабилен во мускулноскелетниот апарат. Има три степени на физиолошка (аголна) подвижност, но од кинезиолошка гледна точка се разгледуваат пет основни насоки на движење:

- Флексија-екстензија во сагитална рамнина;
- Абдукција-аддукција во фронтална рамнина;
- Внатрешна и надворешна ротација;
- Хоризонтална флексија и хоризонтална екстензија во трансверзална рамнина;
- Скапција во рамнината на скапулата.

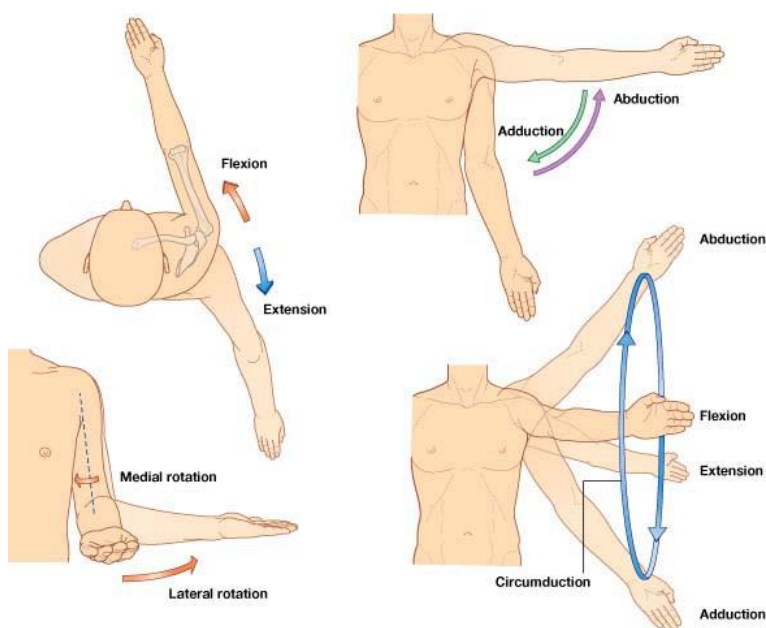
Нормалниот обем на *флексијата* на хумерусот е околу 180° , а на *екстензијата* околу 50° . Во гленохумералниот зглоб се остваруваат до 120° флексија и скоро полна екстензија.

Нормалната *абдукција* на хумерусот достигнува до 180° , а *аддукцијата* достигнува само до неутрална позиција (0°). Изолираната абдукција во гленохумералниот зглоб е до 120° .

Внатрешната и надворешна ротација на хумерусот можат да се остварат од различна позиција. Различните позиции на хумерусот определуваат различно оптегнување на зглобната капсула и лигаменти и од таа причина и ротаторните движења имаат различен обем. За нормален обем се смета од 90° и за внатрешна и за надворешна ротација.

Хоризонталната флексија и екстензија се остваруваат од позиција на 90° абдукција на хумерусот. Нормалниот обем на хоризонталната флексија е околу 45° а на хоризонталната екстензија е околу 135° (сл. II.11).

Скапцијата во пракса претставува носење на хумерусот до скапулата. Бидејќи последната нормално е отфрлена за околу 30° вентрално од фронталната рамнина, движењето на хумерусот во сагитална рамнина (абдукција) се остварува при релативна екстензија од 30° кон скапулата. Таа екстензија предизвикува мало оптегнување на капсуло-лигаментарните структури и поради таа причина движењето на хумерусот во фронтална рамнина е малку потешко отколку во рамнината на скапулата. Скапцијата е кинезиолошко, најнефективно елевационо движење на хумерусот, бидејќи на вентралното 30° отстапување на скапулата соодветствува 30° ретроверзија на главата на хумерусот и во пракса при движењето на таа рамнина капсуло-лигаментарните структури се во максимална релаксација т.е. движењето се остварува со минимално внатрешен отпор. Затоа и повеќето функционални активности на горниот екстремитет поттикнуваат движење на хумерусот точно во рамнината на скапулата.



Сл. II.11 Насоки на движење во гленохумералниот зглоб

Освен големината, формата и ориентацијата на гленоидалната јамка, за функцијата на гленохумералниот зглоб е важно и повлекувањето на главата до дијафизата на хумерусот. Тоа повлекување се регистрира во фронталната (агол на инклинација) и во трансверзалната (агол на ретроверзија) рамнина. Аголот на инклинација нормално е околу 130-150° додека ретроверзијата е околу 20-30°. Тие повлекувања определуваат важни кинематички особености. Инклинацијата дозволува движењата во сагиталната рамнина (флексија и екстензија) да се извршуваат како ротаторно лизгање. Ретроверзијата го компензира вентралното отстапување на скапулата до фронталната рамнина.

Конфигурацијата на зглобните површини на гленохумералниот зглоб не обезбедува константна стабилизација. Големо значење имаат капсуло-лигаментарните и мускулно-тетивните структури, кои обезбедуваат статична и динамична стабилизација.

Зглобната капсула е лабава и е прицврстена по периферијата на гленоидалната јамка и анатомскиот врат на хумерусот. Од синовијалниот слој се оформува синовијалниот влез за главата на *mm.biceps brachii* при преминот преку интертуберкуларната цевка. Поради значителниот лакситет капсулата дозволува изразена аксесорна подвижност помеѓу зглобните површини и не придонесува многу за зглобната стабилност, освен кога е максимално оптегната при максимална абдукција и надворешна ротација. При неутрална позиција зглобната капсула оформува каудално извиткување - аксиларен рецесус. Се засилува од горниот, средниот и долниот гленохумерален лигамент како и од здравиот коракохумерален лигамент.

Гленохумералните лигаменти претставуваат снопови од надворешните слоеви на вентралната и каудалната зглобна капсула. Тие тешко се разликуваат од неа и затоа се нарекуват капсуларни лигаменти.

Коракохумералниот лигамент е најздравиот лигамент на гленохумералниот зглоб. Тој започнува од латералната поврзаност на *proscoracoideus* и завршува на вентралната поврзаност на *tuberculum majus*. Фибрите од него се преплетуваат во зглобната капсула и тетивите на *mm.supraspinatus*. Лигаментот се оптегнува при надворешна ротација, флексија и екстензија, спротивставувајќи и на каудалната транслација на главата на хумерусот. Деловни од него формираат канал преку кој преминува главата на *mm.biceps brachii*.

Друг статичен стабилизирачки фактор во гленохумералната површина е *механизмот на вендузата*. Овој механизам ја осигурува стабилизација во вид на прилепување на лабрумот и зглобната капсула околу хумералната глава. Зглобната 'рскавица, лабрумот и зглобната капсула се структури, прицврстени за гленоидалната јамка. Кон периферијата сите стануваат пофлексибилни. Таа постепена растегливост дозволува на *fossa glenoidalis* да опфати и целосно да се припои до хумералната зглобна површина. Компресијата на главата на хумерусот кон гленоидалната јамка ја отстранува зглобната течност помеѓу зглобните површини. На тој начин се добива прилепување кое спротивставува на дистракционите сили. Овој механизам ја стабилизира главата на хумерусот до гленоидалната јамка без дополнително мускулно напрегање и е ефективен во граничните сектори на движење, каде капсулата и лигаментите не се оптегнати.

Динамичната стабилизација на гленохумералниот зглоб зависи од синергичното взаемно дејство на мускулите стабилизатори.

Динамичните стабилизатори осигуруваат стабилност преку преку активната контракција, подржувајќи ја главата на хумерусот до гленоидалната јамка. Таа во голем степен обезбедува и појава на ефектот на вендузата. Тие ја губат стабилизационата ефективност при надворешно издолжување на оптималниот должинско-тензионен сооднос до границите на обемот на подвижност.

Најважниот стабилизирачки систем во гленохумералниот зглоб е тој на *ротаторната манжетна*. Тој е формиран од плоснати тетиви на четирите скапулохумерални мускули: *supraspinatus*, *infraspinatus*, *teres minor* и *subscapularis*. Тетивите сраснуваат меѓу нив и со гленохумералната зглобна капсула, така што го покриваат зглобот напред, позади, од горе. Освен со динамична стабилизација на

гленохумералниот зглоб, функцијата на ротаторната манжетна е поврзана со депресија на главата на хумерусот до гленоидалната јамка, елевација на хумерусот, внатрешна и надворешна ротација на хумерусот до скапулата. Ротаторната манжетна осигурува компресија на главата на хумерусот до гленоидалната јамка која предизвикува ефектот на вендузата.

Освен ротаторната манжетна *главите на mm.biceps brachii и mm.triceps brachii*, исто така ја засилуваат зглобната капсула со почетните инсерции, осигурувајќи соодветно кранијална и каудална стабилизација. Главата на mm.biceps brachii преминува над главата на хумерусот преку интертуберкуларната цевка, така што се задржува во него од напречниот хумерален лигамент. Освен што го ограничува кранијалното лизгање на хумерусот обезбедува и вентрална стабилизација.

Друг важен елемент во стабилизацијата на гленохумералниот зглоб е *ориентацијата на гленоидалната јамка*. При неутрална позиција на горниот екстремитет главата на хумерусот се задржува на неа благодарение на лесната кранијална ориентација. На тој начин дејството на гравитацијата и на оптегнувањето на кранијално капсуло-лигаментарните структури образуваат резултантен вектор, ја притискаат главата на хумерусот кон гленоидалната јамка. Втора стабилизација се обезбедува од лесната контракција на mm.supraspinatus и задниот дел на mm.deltoides. Кога нормалната кранијална ориентација на гленоидалната јамка недостасува поради нарушената стабилизација на скапулата, главата на хумерусот стои до, а не на гленоидалната јамка. На тој начин се губи гореописаниот ефект кој предизвикува каудално изместување на главата на хумерусот и е претпоставка за развој на зглобна нестабилност и сублуксирање.

Артокинематика на гленохумералниот зглоб

Според конвексно-конкавното правило при извршување на физиолошки движења со раката, конвексната глава на хумерусот се лизга во спротивна насока.

Физиолошко движење	Насока на лизгање на главата на хумерусот
➤ Флексија.....	дорзално
➤ Екстензија.....	вентрално
➤ Абдукција.....	каудално
➤ Аддукција.....	кранијално
➤ Внатрешна ротација.....	дорзално
➤ Надворешна ротација.....	вентрално
➤ Хоризонтална абдукција.....	вентрално
➤ Хоризонтална аддукција.....	дорзално

Абдукцијата и аддукцијата се остваруваат во сагиталната рамнина околу предно-задната оска на движење. При абдукција настапува придвижување на главата на хумерусот нагоре со што се компензира од каудалното лизгање. Ако каудалното лизгање на се оствари, при постигнување на околу 22° абдукција во раката, главата на хумерусот ќе се наведне кранијално во коракоакромијалниот свод и движењето нема да може да продолжи. Освен тоа достигнување на околу 120° аналитичка абдукција во гленохумералниот зглоб станува невозможно без едновременно надворешно ротирање на хумерусот, за да може tuberculum majus да помине позади најтесниот дел на коракоакромијалниот свод. Во спротивен случај ќе се предизвика ран контакт кој што ќе го ограничи движењето. При скапција (подигање на хумерусот во рамнината на скапулата) не е неопходна едновремена надворешна ротација поради природното избегнување на контактот помеѓу tuberculum majus и коракоакромијалниот свод. Тоа се должи на ретроверзијата на главата на хумерусот усогласена со вентрално насочената рамнина на скапулата. При аддукција настанува обратен однос помеѓу тркалањето и лизгањето.

Флексијата и екстензијата се одвиваат во сагитална рамнина околу медио-латералната оска на движење. Поради инклинацијата на главата на хумерусот до дијафизата, движењето е главно ротаторно влечење. Конвексната глава на хумерусот се влечи во насока обратна на извршеното движење (при флексија дорзално, а при

екстензија вентрално), но во значително помал степен отколку при абдукција и аддукција. Тоа изместување е потпомогнато и од капсуло-лигаментарниот апарат. При флексија се оптегнуваат дорзалните структури, а при екстензија се оптегнуваат вентралните.

Флексијата само во гленохумералниот зглоб е околу 120° . Движењето се спроведува со внатрешна ротација, бидејќи после 90° се оптегнува коракохумералниот лигамент кој што предизвикува внатрешно ротаторно влечење. Екстензијата на хумерусот се спроведува речиси полна во гленохумералниот зглоб – обично до $45-50^\circ$.

Внатрешната и надворешна ротација се остварува околу надолжната оска на хумерусот. Поради инклинацијата на главата на хумерусот и искривувањето на зглобните површини, ротаторните движења се поврзани со спротивното движење на главата на хумерусот при внатрешна ротација дорзално, а при надворешна ротација вентрално. Овие лизгачки движења овозможуваат значителен обем на ротациите без главата на хумерусот да се луксира до гленоидалната јамка која е со многу мал размер. Ако при надворешна ротација на пример, не се остварува вентрално влечење, тогаш при достигнување на 75° главата на хумерусот ќе ја напушти потполно периферијата на гленоидалната јамка (изместувањето ќе биде околу 38mm, а дијаметарот на гленоидалната јамка ќе биде околу 25mm). Нормално, при полна надворешна ротација, главата на хумерусот се изместува само до 2mm дорзално, што укажува за значително аксесорно вентрално влечење.

Ротаторните движења на хумерусот се одвиваат првенствено во гленохумералниот зглоб. Едновременно се извршуваат и движењата во скапулоторакалното поврзување-при внатрешна ротација протракција, а при надворешна - ретракција. При неутрална позиција нормалниот обем на надворешната ротација е $60-70^\circ$ додека кај внатрешната ротација е $75-85^\circ$. При 90° абдукцијата на раката, надворешната ротација може да достигне и над 90° .

Мускулното дејство во раменскиот зглоб (сл.ИИ.12)

Скапулохумерални мускули:

- mm.deltoideus
- mm.supraspinatus
- mm.infraspinatus
- mm.teres minor
- mm.teres major
- mm.subscapularis

- mm.coracobrachialis
- mm.biceps brachii-cap.longum*
- mm.triceps brachii-cap.longum*

Торакохумерални мускули:

- mm.pectoralis major
- mm.lattissimus dorsi

*Забелешка: долгите глави на mm.biceps brachii и mm.triceps brachii завршуваат на надлактицата и дејствуваат и во рамениот и лакотниот зглоб.



Сл.ИИ.12 Мускулното дејство во раменскиот зглоб

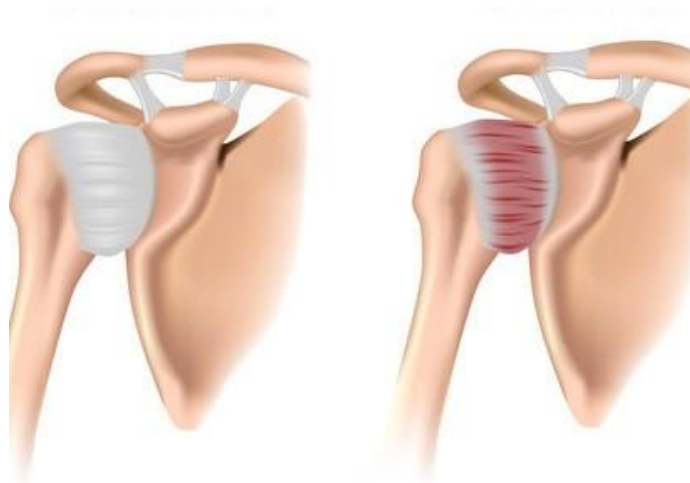
Патокинезиолошки промени во рамениот комплекс

Во зависност од појавата на симптомите - *болка, ограничена подвижност, нестабилност и невролошки проблеми*, патокинезиолошките промени во рамениот комплекс може да се класифицираат во четири групи:

- *Рестриктивен синдром* – кој ја засега првенствено подвижноста, а болката послабо се јавува. Кон таа група се однесуваат различни клинички дијагнози, кои што може да бидат обединети како артропатии на раменскиот зглоб;
- *Болни синдроми* – овде болката е по силно изразена отколку во ограничувањето на зглобната подвижност. Најчесто се однесува за воспалителни процеси во околните ткива, предизвикани од *impingement syndrome*, хронично оптоварување или руптура на ротаторната манжетна;
- *Нестабилност во зглобовите* на рамениот комплекс – најчесто гленохумералниот или скапулоторакалниот;
- *Thoracic outlet syndrome (TOS)* – собирен концепт што ги обединува компресивните синдроми на васкуларно-нервниот сноп во областа на горниот торакален отвор.

ПАТОКИНЕЗИОЛОШКА КАРАКТЕРИСТИКА НА РЕСТРИКТИВНИТЕ СИНДРОМИ (АРТРОПАТИИ) НА РАМЕНИОТ ЗГЛОБ

Кај артропатиите на рамениот зглоб се јавуваат различни патолошки промени кои што предизвикуваат значајно ограничување на зглобната подвижност. Во пракса е наметнат терминот замрзнато рамо, генерален термин за означување на хроничните последици после тендинити, бурзити, делумни руптури, трауми, артрозни и артритни промени, продолжена имобилизација и др. Станува збор за развој на заболување во рамената област, фон на кој постепено се развива ограничен обем на подвижност во сите насоки. Сè уште не е напълно разјаснета патологијата на заболувањето - засегнатите анатомски структури, етиологијата, патогенезата, како и оптималната варијанта на лекување и профилакса. Затоа постојат различни термини кои се употребуваат во пракса при спецификација на состојбата: атхезивен капсулит (се смета за најточен израз), атхезивен бурзит, периартрит, перикапсулит, облитерирачки бурзит, вкочането рамо, скапулохумерален периартрит, болест на Duplay и др (сл. II.13).



Сл. II.13 Атхезивен капсулит

Во основата на замрзнатото рамо постојат патолошки промени во различните ткива, особено синовијални промени:

- промени во синовијата на субделтоидната бурза,
- промени во синовијалниот слој на гленохумералната зглобна капсула,
- промени во теносиновијалните делови на мускулите од ротаторната манжетна,
- промени во теносиновијалниот дел на *mm. biceps brachii*,
- промени во *mm. subscapularis* и субскапуларната бурза.

Синовијалниот слој на субделтоидната бурза е долепен до надворешната синовијална обвивка на тетивите на мускулите од ротаторната манжетна. Внатрешната синовијална обвивка на тетивите на мускулите од ротаторната манжетна е долепена до синовијалниот слој на гленохумералната зглобна капсула и теносиновијалниот дел на долгата глава на *mm.biceps brachii*. Сите тие ткива се собрани во просторот помеѓу главата на хумерусот, акромиоклавикуларниот зглоб и коракоакромијалниот лигамент. Нормално тие се лизгаат слободно една спрема друга при движење на рамениот зглоб благодарение на доброто подмачкување. Дали е доволно лачењето на синовијална течност за нормално лизгање зависи од движењето во рамениот зглоб.

Болката е причината на патолошкиот процес за развој на синдромот на замрзнато рамо. Дегенеративните промени во бурзата и капсулата настануваат после повторувачкото трауматизирање од притискање на ротаторната манжетна помеѓу големиот туберкул и коракоакромијалниот свод, засилено од постепеното запаѓање во инсуфициенција на мускулите од ротаторната манжетна и механичките повреди на тетивата на долгата глава на *mm.biceps brachii*. Тоа предизвикува воспалителна реакција, појава на фибробласти и на крај - сраснувања. Мускулите, чии тетиви се засегнати од воспалителниот процес исто така развиваат дегенеративни промени што резултира со нарушување на движечката функција на скапуло-хумералниот ритам. Обемот на подвижност се ограничува од скратувањето на зглобната капсула и намалената подвижност на тетивата на долгата глава на бицепсот во интертуберкуларниот канал. Постепеното нарушување на физиолошката механика на абдукцијата, надворешната ротација и лизгањето на тетивата на бицепсот води до дополнително притискање на ткивата помеѓу големиот туберкулум и коракоакромијалниот свод. Поради коскениот контакт се појавуваат остеофити по акромионот-причинители на дополнително траумирање. Повторувачкото микротраумирање води и до хипертрофија на венралниот раб на коракоакромијалниот лигамент кое што дополнително ги притиска ткивата при абдукција и надворешна ротација на хумерусот.

За правилно лекување и профилакса на функционалните пречки е важно аналитичкото набљудување за воочување на конкретно повредените ткива. Сè уште јасно не се определени карактеристичните болни локализации и појави при лезија на различните периартикуларни структури.

Од етиолошка гледна точка замрзнатото рамо се класифицира во две форми:

- Примарна форма е со непотполно јасна етиологија поради тоа се нарекува идиопатско замрзнато рамо.
- Секундарната форма се развива после остри трауми, микротрауми, имобилизација и инактивитет на раменскиот зглоб.

Трауматското замрзнато рамо се развива поради директна траума во рамото или повторувачка микротраума при нарушено движење или од преоптоварување.

Постимобилизациското замрзнато рамо се развива после имобилизација или инактивитет при состојби после миокарден инфаркт, хемиплегии, дијабет, продолжена имобилизација после фрактури на дијафизата на хумерусот или трауми во областа на рамениот појас.

Идиопатското замрзнато рамо се развива од хроничната воспалителна реакција на субакромијалните мекоткивни структури и долниот дел на зглобната капсула по претходно опишаниот патолошки механизам. Се појавува првенствено кај лица на возраст помеѓу 50-70 год. Под 40 годишна возраст обично има постимобилизациона или трауматска етиологија. Предуслов за развојот е неправилната поза и мускулниот дисбаланс. Почесто ги зафаќа жените и лица со професии каде доминира седењето. Заболувањето започнува одеднаш, со болка и зголемена чувствителност во областа околу дисталната инсерција на *mm.deltoides* во горната 1/3 на хумерусот. Движењето ја зголемува болката и постепено се развива мускулен спазам што го ограничува активниот и пасивниот обем на движење.

Болката која на почетокот пречи само на секојдневната активност, постепено започнува да ирадира дистално од лактот со што го нарушува сонот. Може да се утврди зголемена чувствителност и во дисталната инсерција на *mm.supraspinatus* или

по текот на тетивата на долгата глава на бицепсот во интертуберкуларниот канал. Утврдена е ограничена подвижност по капсуларниот модел-најзасегната е надворешната ротација, проследена со абдукција и флексија и најмалку засегната е внатрешната ротација. Компензаторно се нарушува скапуло-хуморалниот ритам со што се набљудува зголемена активност на скапулата и активација на 'рбетниот столб за зголемување на подвижноста на хумерусот.

Во раните фази на заболувањето се ограничени само последните 10-15° од движењето. При хроничен премин се развива хипотрофија на гленохуморалните мускули: *deltoideus*, *supraspinatus*, *infraspinatus*. Во споредба со акутниот тендинит, при адхезивниот капсулит се ограничени и болни секое почетно движење, а не само при надворешната ротација и абдукцијата. Болката се јавува обично при достигнување на границата навозможен обем на подвижност. Често поради болката засегнатиот екстремитет се штеди, со што дополнително се задлабочува моторниот дефицит.

Патокинезиолошки промени кај рамени артропатии

- Акутен период: Болка и мускулен спазам, ограничување на активната и пасивната подвижност, обично повеќе надворешната ротација и абдукција. Болката често ирадира дистално од лактот и може да го наруши сонот.
- Субакутен период: Ако се вклучи физиотерапија, веднаш по појавата на симптомите, ќе се намалат зглобните и мекоткивни контрактури.
- Хроничен период: Ако не се примени правилно лекување во субакутниот период, ќе се развијат капсулни и мекоткивни контрактури. При истегнување на скратените структури се јавува болка. Поради болката пациентот не извршува нормална двигателна активност со засегнатиот екстремитет, кое што води до задлабочување на двигателниот дефицит.

Причината за ограничувањето на зглобната подвижност е скратувањето и сраснувањето на долниот рецесус на гленохумералниот зглоб. Недостатокот на нормалниот рецесус не дозволува елевација во гленохумералниот зглоб, затоа што каудалниот дел на зглобната капсула е оптегната при неутрална позиција. Во тој случај, при елевација на надлактицата се набљудува испревртено ротирање на скапулата нагоре, бидејќи се вовлекува од скратениот каудален дел на зглобната капсула. Тоа предизвикува специфично латерално спуштање на долниот агол на скапулата.

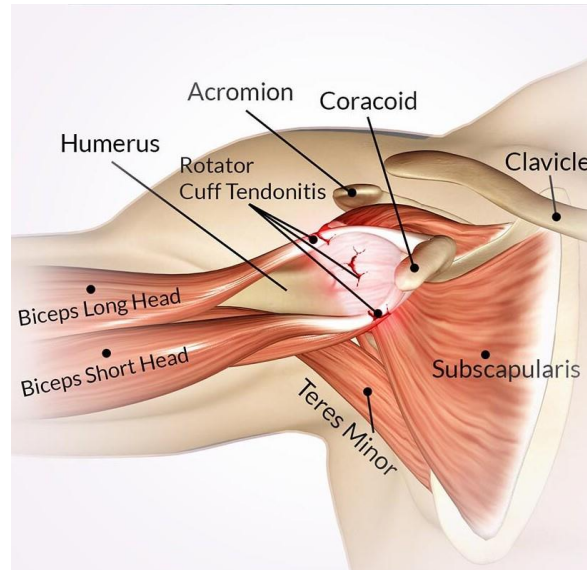
Комплексен моторен дефицит при замрзнато рамо

- Нокна болка и нарушен сон во акутната фаза;
- Болка при движење и при мирување во акутната фаза;
- Ограничена аксесорна и физиолошка зглобна подвижност - надворешна ротација, абдукција и по малку внатрешна ротација и флексија;
- Можна компензаторна деформација на позата со протракција и елевација на рамениот појас и зголемена кифоза во торакалниот дел;
- Неправилно движење со рацете, при одење;
- Општо слабеење и намалена издржливост на гленохуморалните мускули доведува до преоптоварување на скапуларните мускули и болка во *mm.trapezius* и вратните екстензори;
- Мускулен спазам при движење на надлактицата и нарушен СХР;
- Ограничена способност за облекување и соблекување, нега на лице и глава, хранењето, особено ако е засегната доминантната рака;
- Ограничена способност за кревање на лесни предмети - чинии, чаши;
- Неможност за извршување на репетиторни активности со засегнатиот екстремитет.

➤ **БОЛНИ СИНДРОМИ НА РАМЕНИОТ КОМПЛЕКС**

Болните синдроми во рамото се едни од најраспространетите во мускуло-скелетниот апарат на човекот. Развивокот на болните синдроми (тендинити, бурзити, руптури на ротаторна манжетна) се должи на преоптоварувањето или неправилното извршување на движењата при тешка физичка работа и при спорт (сл. II.14).

Околузглобните мекоткивни оштетувања на рамото се едни од најтешко дијагностицираните во терапевтскиот период, поради блиската локализација на мноштво анатомски структури. Многу често рамената болка не се должи на една засегната структура туку поради комбинирани лезии во коскените, мускулните, тетивните и лигаментарни ткива. Ова во голема мера ја комплицира физиотерапијата при конзервативното и оперативно лекување на таквата состојба.



Сл. II.14 Impingement syndrome

Патокинезиолошки карактеристики на impingement syndrome

Impingement syndrome (синдром на субакромијално притискање) претставува комплекс од карактеристични знаци и симптоми, вклучувајќи болка во рамото и слабост при елевација на надлактицата. Се јавува како последица од повторувачкото притискање на ткивата кои се наоѓаат помеѓу главата на хумерусот на каудалната поврзаност на акромионот и коракоакромијалниот лигамент. Структурите кои најчесто се засегнати при ова притискање се тетивите на *mm.supraspinatus* и *mm.infraspinatus*, субделтоидната бурза и *mm.biceps femoris cap.longum*. Оваа состојба често се јавува кај спортисти што се занимаваат со: практични фрлања, пливање, сервис при тенис и одбојка, забивање во одбојка, стој на раце во гимнастиката.

Синдромот се определува како продолжителен процес, предизвикан од хронично дразнење и воспаление кое прогресира до фиброза и евентуално руптура на ротаторната манжетна. Постојат четири стадиуми на impingement:

- *Оток и хеморагија.* Овој стадиум обично се развива на возраст под 25 год. Симптомите се болки за време на движечка активност, кои исчезнуваат при мирување. Оваа состојба е реверзибилна и лекувањето е конзервативно.
- *Фиброза и тендинит.* Стадиумот обично се развива на возраст помеѓу 25-40 год. Симптомите се болки за време на движечка активност кои не секогаш исчезнуваат при мирување. Ако конзервативното лекување не даде ефект се препорачува хируршка субакромијална декомпресија.
- *Осификации и тетивни руптури на ротаторната манжетна, руптури на долгата глава на *m.biceps brachii*.* Пациентите обично се на возраст над 40 години со хронични симптоми во раменскиот дел. Често се појавува нестабилност. Се развива хипотрофија на *mm.supraspinatus* и *mm.infraspinatus* поради инактивитет. Се препорачува оперативен зафат на ротаторната манжетна.
- *Артропатија после руптура на ротаторната манжетна.* Пациентите се на возраст над 60 години со анамнеза на симптоми и дисфункција во рамената и хронични руптури на манжетната. Лечењето се состои од хируршки зафат на манжетната, хемиартропластика или целосно ендопротезирање на рамениот зглоб.

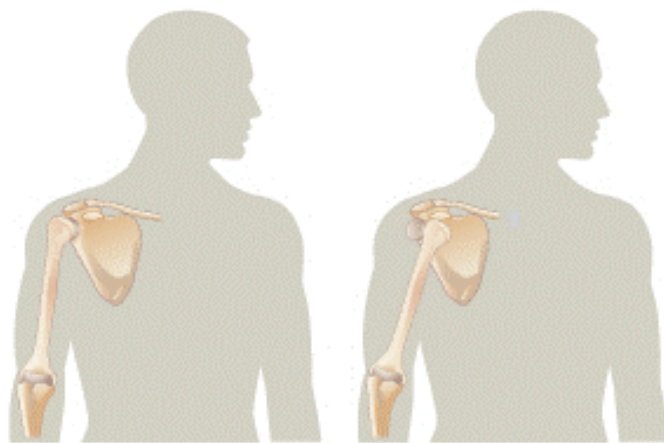
Карактеристични патокинезиолошки промени при impingement syndrome

- Болка при контракција, истегнување и палпирање на мускулно-тетивната инсерција на засегнатиот мускул.
- Во акутниот период се јавува болка која ирадира кон зоната на C5-C6.
- Болен лак помеѓу 60° и 120°, болката се зголемува во 90° при отпор.
- Мускулна слабост поради болна провокација.
- Позитивен тест на Neer или на Hawkins-Kennedy.
- Крепитации при достигнување на околу 100° абдукција.
- Ограничување на пасивната подвижност поради развој на фиброзни сраснувања.
- Развој на остеофити.
- Руптурна ротаторна манжетна, обично со должина под 1cm. При целосна руптура на ротаторната манжетна е невозможна абдукција на надлактицата против гравитацијата.
- Лоша поза - наклонета напред и/или протрахирана скапула, внатрешно ротиран гленохумерален зглоб, често протрахирана положба на главата и зголемена градна кифоза.
- Горен вкрстен синдром - скратени mm.pectoralis major et minor, скратени мускули во предниот дел на градниот кош и внатрешните ротатори на рамениот зглоб. Хипотонични ретрактори на скапулата и внатрешни ротатори на гленохумералниот зглоб.
- Слабост и намалена издржливост на скапуларните стабилизатори и мускулите на ротационата манжетна.

НАРУШЕН СКАПУЛОХУМЕРАЛЕН РИТАМ

Возрасните лица страдаат од т.н. „надворешна“ форма на синдромот. Постои механички контакт помеѓу ротаторната манжетна и коракоакромијалниот свод кој предизвикува абеење, воспаление, фиброза и дегенерација на површинскиот слој кој се наоѓа во субакромијалниот простор. Можат да се развијат дегенеративни промени во зглобната капсула, коракоакромијалниот свод и субакромијалната бурза.

„Внатрешниот“ (заден) impingement е карактеристичен за спортисти кои најчесто ја креват надлактицата над главата (фрлање копје, пливање, тенис). Притискањето е предизвикувано од истовремената елевација и надворешна ротација на надлактицата (замав при фрлање). При тоа mm.supraspinatus и infraspinatus се притискаат во задно-горниот дел на гленоидалната јамка. Лезијата го опфаќа претежно внатрешниот, но не површинскиот слој на ротаторната манжетна. Ова може да предизвика воспаление на внатрешниот слој на манжетната, истегнување на лабрумот и лезија на дорзалната поврзаност на главата на хумерусот. Истегнувањето на вентралниот дел на зглобната капсула при таквите движења предизвикува и предна гленохумерална нестабилност (сл.Ил.15).



Сл.Ил.15 Предна гленохумерална нестабилност

Според етиологијата *impingement syndrome* може да се класифицира на *примарен и секундарен*.

Примарниот impingement syndrome претставува механично притискање на ротаторната манжетна помеѓу главата на хумерусот и коракоакромијалниот свод. Причината е стеснувањето на субакромијалниот простор од структурни промени-аномалии на акромионот, осификати во областа на акромиоклавикуларната површина, хиперплазии на *proc. coracoideus* или *tuberculum majus*, испреплетување на тетивните структури или како резултат на трауми и оперативни интервенции.

Секундарен impingement syndrome претставува стеснување на субакромијалниот простор при движење, поради гленохумералната нестабилност или нестабилност на скапулоторакалната површина. Инсуфициентноста на капсуло-лигаментарниот апарат како пасивен стабилизатор предизвикува поголемо оптоварување на динамичните стабилизатори на ротаторната манжетна. Откако ќе се преморат, не можат да го почувствуваат соодветното каудално лизгање на главата на хумерусот. Ова води до кранијално поместување и стеснување на субакромијалниот простор.

Функцијата на скапулоторакалните мускули е да осигурат правилна позиција на скапулата и нормален скапулохумерален ритам, на тој начин ја запазуваат должината на гленохумералните мускули, формирајќи ротаторна манжетна. Ослабувањето на *mm.serratus anterior* и *mm.trapezius* води до нарушување на скапуларната позиција и неправилен скапулохумерален ритам.

При мускулен дисбаланс со доминирање на елеваторите на скапулата (*levator scapulae* и горниот дел на *mm.trapezius*) над долните делови на *mm.trapezius* и *mm.serratus anterior*, при елевација на хумерусот, скапулата наместо да ротира – се крева нагоре и заостанува во скапуло-хумералниот ритам. Тоа го забавува оддалечувањето на коракоакромијалниот свод и исто така предизвикува стеснување на субакромијалниот простор.

Трауми, предизвикувајќи нарушена артрокинематика на стерноклавикуларните и акромиоклавикуларни зглобови исто можат да предизвикаат *impingement*. Ограничувањето на ротаторите и/или вендродорзалните движења на клавикулата исто предизвикуваат ограничување на подвижноста на скапулата и нарушување на скапулохумералниот ритам (намалено ротирање на скапулата - недоволно оддалечување на коракоакромијалниот свод-стеснување на субакромијалниот простор).

Околу една третина од пациентите со *impingement syndrome* се занимаваат со активности за кои се смета дека се предиспонирачки - слугинки, столари, продавачи, спортисти, практични фрлачки дисциплини, пливачи т.е. сите кои ја креваат често надлактицата над главата.

Обично болката се појавува одеднаш и е придружена со вкочанетост во зглобовите и мускулна слабост. Во потешки случаи болката пречи и во сонот.

Комплексен моторен дефицит при замрзнато рамо

- Во акутниот период болката може да го наруши сонот, особено при превртување на засегнатото рамо.
- Болка при активности, барајќи да се крене надлактицата над главата-достигнување, туркање, влечење.
- Болка при кревање тешки предмети.
- Невозможност за извршување репетиторни активности-достигнување, кревање, фрлање, туркање, влечење, замав.
- Болка при облекување, особено при облекување на блуза преку главата.

Со појавата на хроничен период најчесто води до развој на секундарно замрзнато рамо.

➤ **ПАТОКИНЕЗИОЛОШКИ МЕХАНИЗМИ ПРИ ПОВРЕДА НА РОТАТОРНА МАНЖЕТНА**

Ротаторната манжетна може да биде повредена од директна травма или од често повторувачките микротравми. Дисторзии и луксации на гленохумералниот зглоб можат да предизвикаат делумна или целосна руптура на ротаторната манжетна.

Најчесто острите повреди на ротаторната манжетна се патолошки т.е. претходно е оштетен и е со намалена цврстина. Во ротаторната манжетна се развиваат физиолошки, дегенеративни процеси со напредувањето на возраста, особено по 30 год. Овие промени предизвикуваат делумни руптури во длабочина, во близина на инсерцијата врз туберкулите. Постепено честите руптури можат да се прошират и да се стигне до руптурата на целиот пресек на манжетната.

Делумните руптури на манжетната можат да заздрават, но најчесто се задлабочуваат. Причините за задлабочувањето на руптурите се опишани од Matsen (1994):

- Повредените фибри не можат да го носат товарот и поради тие причини се преоптоваруваат соседните фибри, што е предуслов за нивната повреда.
- Повредите на манжетната го нарушуваат неговото крвоснабдување и предизвикува локална исхемија.
- Повредените фибри се изложени на влијанието на зглобната течност што пречи на натрупувањето на сврзно ткиво, неопходно за зараснувањето.
- Тетивата зараснува со цикатрикс, која ја нема истата механичка цврстина како оригиналната структура и од тие причини е склона кон полесна повреда.

Повредите на ротаторната манжетна при трауматични луксации се зголемуваат со напредување на возраста (при околу 30% од пациентите над 40 годишна возраст и при 80% над 60 годишна возраст).

Според класификацијата на Американската академија на ортопедски хирурзи, руптури под 1cm се сметаат за мали, 1-3cm за умерени, 3-5cm за големи и над 5cm за масивни.

Руптурите на ротаторната манжетна можат да се појават во длабочина, во близина до туберкулите. Тие се добиваат како резултат на постепената дегенерација на манжетната, така и кај млади спортисти, при практични фрлања. Повредата се добива значително од ексцентрични напори при запирање на горниот екстремитет по нагло замавнување при фрлањата. Тоа предизвикува значително ексцентричен напор на мускулите од ротаторната манжетна и хроничното повторување може да доведе до слабеење на тетивите, развој на тендинити, дегенеративни промени и последователни руптури.

При масивни руптури на манжетната ако не се примени хируршки зафат, постепено се оштетуваат зглобните површини и се развива карактеристична атропатија.

Околу 95% од руптурите на ротаторната манжетна се поврзани со impingement syndrome. Механизмот за добивање руптури на ротаторната манжетна се среќава типично кај пациенти над 40 годишна возраст. Најчесто повторувачки се притисоците на ротаторната манжетна меѓу главата на хумерусот и коракоакромијалниот свод што води до неговото механичко трошење со предуслов за лесно предизвикување на целосна руптура при повреда. Исто така слабоста во мускулите на ротаторната манжетна е предуслов за поместување на главата на хумерусот кон коракоакромијалниот свод што ги засилува симптомите на impingement и е претпоставка за уште по значително трошење на ротаторната манжетна.

Физиолошките промени се поврзани со преоптоварување на мускулите од ротаторната манжетна кое води до делумни руптури и воспалителна реакција во тетивите и субделотоидната бурза. Тие воспалителни структури предизвикуваат болка при секое движење, кое предизвикува стеснување на субакромијалниот простор (кревање на надлактицата над главата) или претставува стрес на ротаторната манжетна (фрлање, бекхенд во тенис).

Субакромијалната бурза е засегната речиси секогаш, но секундарно предизвикана од воспаление на тетивата.

При гленохумерална нестабилност ротаторната манжетна се преоптоварува за да осигури компензаторна динамична стабилизација на зглобот. При таква нестабилност главата на хумерусот се изместува нагоре повеќе од нормалното и тоа предизвикува секундарен impingement.

Хроничната фаза на руптурите доведува до дискомфорт и неможност за извршување на елементарни движења во рамото. На пример, при целосни руптури надлактицата не може да биде абдуцирана дури и при минимален отпор.

Патокинезиолошки промени при парализа на мускулите кои ја ротираат лопатката нагоре

Парализа на mm.trapezius се јавува при повреда на n.accessorius. Умерено ја отежнува елевацијата на надлактицата но движењето може да биде спроведено во полн обем ако mm.serratus anterior е интактен. Елевацијата обично не може на полно точна во фронталната рамнина (абдукција), бидејќи за тоа е неопходно дејството на хоризонталниот дел на mm.trapezius што ја задржува лопатката во ретракција.

Парализа на горниот дел на mm.trapezius предизвикува поместување на скапулата кон депресија, протракција и ротација надолу, бидејќи нема активна сила која може да ја издржи гравитација на горниот екстремитет. Депресијата на клавикулата постепено предизвикува кранијално луксирање на стерноклавикуларниот зглоб, бидејќи медијалниот крај се поместува кранијално околу отпорната точка, формирана од првото ребро. Пониско поставената дијафиза на клавикулата е предуслов за притискање на a.subclavia и pl.brachialis.

Парализата на m.serratus anterior ја засега целосно кинетиката и кинематиката на рамениот појас. Настанува како резултат на прерастегнување на n.thoracicus longus, при повреда на цервикален дел на см рбетниот мозок или на коренчињата кои излегуваат од ова ниво. По правило при целосна парализа на тие мускули елевацијата на хумерусот не може да надмине 90° дури и кога mm.trapezius и абдукторите на хумерусот се интактни. Обид за абдукција, особено против отпор води до ротирање на скапулата надолу наместо нагоре а долниот агол се одлепува од градниот кош. Недостатокот на контракција на mm.serratus anterior не дава можност скапулата да ротира нагоре. Наместо тоа, ротира надолу под дејство на mm.deltoides и mm.supraspinatus, кои ја влечат кон хумерусот, предизвикувајќи брзо скратување и пад на гленохумералните мускули во активната инсуфициенција. Ротирањето на скапулата надолу и падот на гленохумералните мускули во активна инсуфициенција го ограничуваат обемот на елевацијата на хумерусот и силата. Освен тоа, недостатокот на ротирање на скапулата нагоре предизвикува контакт помеѓу главата на хумерусот и коракоакромијалниот свод и е претпоставка за развивање на impingement syndrome.

➤ ПАТОКИНЕЗИОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГЛЕНОХУМЕРАЛНАТА НЕСТАБИЛНОСТ

Гленохумералниот зглоб е еден од најподвижните и нестабилни во локомоторниот апарат. Најчеста причина се трауматичните повреди но може да биде и вродена.

Гленохумералната нестабилност се определува според насоката на зголемено изместување на главата на хумерусот спрема гленоидалната јамка. Најчесто се среќава предна нестабилност но може да биде долна, задна и комбинирана (муслидирекциона). При рамена нестабилност, тестовите за нестабилност се позитивни и се класифицира според степенот на изместување на главата на хумерусот спрема гленоидалната јамка.

Причината за развој на гленохумерална нестабилност е слабата статична стабилизација на гленохумералниот зглоб - ниската конгруентност на зглобните површини (значајно несовпаѓање помеѓу главата на хумерусот и гленоидалната јамка), лабавата зглобна капсула и слабите лигаменти.

Факторите одговорни за развој на гленохумералната нестабилност можат да бидат класифицирани на *внатрешни* и *надворешни*:

Внатрешни фактори:

- Длабоки оштетувања на Hill-Sachs кои ја намалуваат контактната зглобна површина при абдукција и надворешна ротација
- Коскени лезии на Bankart кои предизвикуваат губење на венстралниот коскен раб, зајакнување на зглобот
- Целосни руптури на лабралниот лигаментарен комплекс

Други внатрешни фактори се нарушената координација во дејството на статичните и динамични стабилизатори, како и проприоцептивниот дефицит. Повеќе од овие фактори се предизвикани од трауматска гленохумерална луксација. При трауматска предна луксација се предизвикува руптура или авулзија на предната страна на лабрумот (лезија на Bankart), руптура на зглобната капсула, фрактури на венстралниот раб на *cavitas glenoidalis* (коскени лезии на Bankart). Околу 70% од трауматичните луксации на гленохумералниот зглоб се добиваат при спортски активности. Кај повеќето од половината случаи потоа се развива рамена нестабилност.

Нетрауматската гленохумерална нестабилност се должи најчесто на генерализиран капсуло-лигаментарен лакситет и мултидирекциона.

Од *надворешните фактори* најзначаен е возраста. При добивање на трауматска гленохумерална луксација под 25 годишна возраст речиси секогаш се развива нестабилност.

Намалениот агол на ретроверзијата на главата на хумерусот исто се смета за предуслов за гленохумерална нестабилност и располага кон полесна трауматска предно-долна луксација.

Трауматска предна луксација на гленохумералниот зглоб се предизвикува најчесто по директен механизам: вентро-дорзален удар врз надлактицата, кога е во позиција на максимална абдукција и надворешна ротација. Основни стабилизатори при оваа позиција се *mm.subscapularis*, долниот гленохумерален лигамент и долгата глава на *mm.biceps brachii*. Инсуфициентноста на која било од овие структури е претпоставка за добивање на предна луксација.

Трауматични задни луксации се поретки. Најчесто се субакромијални. Механизмот на повреда е сврзан со силен удар врз хумерусот кога е во флексија и внатрешна ротација (при отпор за време на пад со испружена рака).

Потенцијални компликации по трауматска луксација на гленохумералниот зглоб се: оштетувања на *p.axillaris*, на крвните садови, развој на контрактури при неправилно лечење и развој на рамена нестабилност. Оштетувањето на *p.axillaris* предизвикува парези и парализи на *mm.deltoidaeus*. Во случај на прекумерна абдукција за време на траумата може да дојде до оштетување на *pl.brachialis*.

Предната гленохумерална нестабилност обично е сврзана со дисбаланс во подвижноста и мускулната функција. Заради лакситетот на венстралниот дел на зглобната капсула и скратувањето на задниот дел е зголемена надворешната ротација поради ограничувањето на внатрешната ротација. Надворешните ротатори се посилни и потонизирачки од внатрешните. При задната нестабилност дисбалансот е во обратна насока.

Во случај на предна нестабилност се ограничуваат можностите за спортски активности, како пливање и спортови кои бараат кревање на надлактицата над главата (фрлање копје, диск, бејзбол). Отежнати се сервисите и забивањето при одбојка, подавање во ракомет и др. Можат да бидат отежнати и секојдневните активности, хоризонталната екстензија на надлактицата (како облекување, чешлање итн.).

При задна нестабилност се отежнати активностите сврзани со кревање, туркање на задниот дел на столот, отворање на тешки врати, излегување од базен.

➤ ПАТОКИНЕЗИОЛОШКИ ПРОМЕНИ ВО СТЕРНОКЛАВИКУЛАРНИТЕ И АКРОМИОКЛАВИКУЛАРНИ ЗГЛОБОВИ

Патокинезиолошките промени во овие зглобови најчесто имаат артритно или трауматско потекло. Негативен одраз имаат и репетитивните стресни активности, кои бараат надлактицата да се задржи на ниво на рамото-полирање, пакување, конструирање, честа хоризонтална екстензија, аддукција и внатрешна ротација (како при забивање во одбојка и сервирање во тенис). Сублуксациите и луксациите на акромиоклавикуларните и стерноклавикуларните зглобови се предизвикуваат обично при директен удар во областа на рамото или при пад на испружена рака. Акромиоклавикуларниот зглоб е сериозно склон кон луксации поради наклонетост на зглобните површини и лесното генерирање на значителни ножични сили.

При луксација на акромиоклавикуларниот зглоб дисталниот крај на клавикулата се поместува дорзално и кранијално спрема акромионот и предизвикува специфична деформација на кранијалната рамена контура. При траумата може да се добие и фрактура на клавикулата.

Кога траумата е сврзана со истегнување на зглобната капсула и лигаментите на стерноклавикуларниот или акромиоклавикуларниот зглоб, обично се предизвикува перманентна зглобна нестабилност, бидејќи нема мускули за да има директно стабилизирачко дејство врз нив.

За разлика од здравиот стерноклавикуларен зглоб, акромиоклавикуларниот зглоб е значајно склон кон трауми и дегенеративни промени. Дегенеративните промени се утврдуваат после 20 година. Тие се должат на малите зглобни површини и релативно големиот притисок кој што го презема зглобот при оптоварување.

Намалената подвижност на клавикулата може да се предизвика од перманентна лоша поза поврзана со депресија или ретракција на клавикулата и скапулата. Тие патокинетички проблеми може да предизвикаат синдром на исход на градниот кош (thoracic outlet syndrome) поради притискање на нервните и мускулни напречни влакна помеѓу клавикулата и првото ребро.

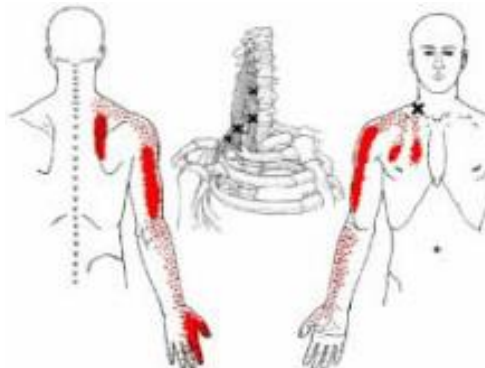
Патокинезиолошки промени и отежнати моторни активности

- Болка локализирана во оштетениот зглоб или лигамент;
- Болен лак при елевација на надлактицата;
- Болка при хоризонтална флексија и екстензија на надлактицата;
- Хипермобилност при повреда или репетитивно преоптоварување;
- Хипомобилност при порочна поза или после имобилизација;
- Невролошка или васкуларна симптоматологија при развој на синдром на исходот од градниот кош;
- Намалена издржливост кон репетитивни дорзо-вентрални движења на надлактицата (полирање, конструирање, пакување);
- Невозможност за забивање при одбојка или сервирање при тенис.

➤ ПАТОКИНЕЗИОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА THORACIC OUTLET SYNDROME TOS

Thoracic outlet syndrome (TOS) е збир од комбинирани компресивни синдроми на васкуларно-нервниот сноп во областа на горниот торакален отвор. Најчести синдроми се тие на mm.scaleni, на цервикалните ребра, хиперабдукционен синдром, костоклавикуларен синдром. Конзервативното лекување бара точна патокинезиолошка анализа за утврдување на видот на синдромот, структурните и функционалните промени кои го предизвикале. Само на тој начин може да се постигне ефективна физиотерапија.

Thoracic outlet е триаголен отвор преку кој минуваат нервите и крвните садови кои го снабдуваат горниот екстремитет (сл.Ил.16). Анатомската структура на таа област сама по себе си создава предуслови за притискање на нервно-васкуларниот сноп што предизвикува вегетативни, сензорни и моторни нарушувања. Најчесто се притискаат art.subclavia, v.subclavia и pl.brachialis. Над 95% од случаите се однесуваат за притискање на pl.brachialis, но тоа може да се манифестира паралелно со притискање на венозни и артеријални садови.



Сл.Ил.16 Thoracic outlet syndrome (TOS)

Компресијата може да се појави од скратени мускули, лигаменти или коскени аномалии во зоната зад клучната коска. Се разликуваат три типични зони на притискање:

- триаголникот на mm.scaleni,
- косто-клавикуларното поврзување,
- субкоракоидната област.

Аксиларниот плексус, потклучната вена и артерија преминуваат преку дорзалниот цервикален триаголник помеѓу mm.scaleni anteriores и mm. scaleni medialis. Скратениот и зголемен тонус на овие мускули може да доведе до компресија на нервно-васкуларниот сноп, предизвикувајќи болка, парестезии или трофични промени во горниот екстремитет. Излегувајќи од триаголниот простор аксиларниот плексус поминува помеѓу клавикулата и првото ребро каде може да биде притиснат.

На крај аксиларниот плексус и art. brachialis преминуваат под инсерцијата на mm.pectoralis minor врз proc.coracoideus. При скратување и зголемување на тонусот на мускулите, што се среќава често при горен вкрстен синдром, протрахирана поза на главата и зголемена градна кифоза, нервно-васкуларниот сноп може да биде подложен на компресија.

Етиологијата на TOS може да биде поврзана со вродени аномалии, анатомски структурни промени или постурални деформации. Во последните 15 години кон причините за развој на TOS се додава и нарушената невродинамика.

Присуството на цервикални ребра или подолги напречни израстоци на C6-C7 се типичните вродени аномалии кои можат да предизвикаат TOS. При присуството на цервикални ребра нервно-васкуларниот сноп се свиткува околу нив. Тоа предизвикува компресија, главно на каудалниот дел на плексусот, и симптоматиката по текот на n.medianus и n.ulnaris. Ако е притисната и art.subclavia симптомите се болка, бледа и студена кожа, зголемена чувствителност на ладно. Аномалиите на првото ребро, исто можат да предизвикаат симптоми, слични на тие при присуство на цервикални ребра.

Бројни стекнати анатомски структурни промени можат да предизвикаат TOS. Такви се хиперкалус после фрактури на клавикулата и првото ребро, скратен и зголемен тонус на mm.scaleni anteriores et. medialis, скратен и зголемен тонус на mm.pectoralis minor, промени во lig.costocoracoidale итн.

Чести се компресиите на нервно-васкуларниот сноп во косто-клавикуларниот простор. Помеѓу клавикулата и првото ребро преминуваат аксиларниот плексус, v.subclavia и art.subclavia. Ако при елевација на надлактиот клавикулата не следи нормален скапуло-хумерален ритам а заостанува нервно-васкуларниот сноп кој се наоѓа под неа, може да биде притиснат. Во тој случај најчесто доаѓа до влошување на циркулацијата на екстремитетите.

Најчестите постурални деформации кои предизвикуваат TOS се: *протрахирана поза на главата, протрахирани скапули, внатрешно ротирани аксили*. Тие деформации се поврзани со типичен мускулен дисбаланс-скратување и хипертонус на вентралните торакални мускули (особено на mm.pectoralis minor) и намален тонус на скапуларните ретрактори (mm.rhomboidei и mm.trapezius pars transversa). Предизвиканата ограничена мекоткивна подвижност по вентралниот дел на градниот кош е предиспозиција за компресија на нервно-васкуларниот сноп. Постуралните деформации, поврзани со пониско поставената клавикула исто можат да предизвикаат притискање на ткивата меѓу клавикулата и ребрата.

Клиничките симптоми се: болка, парестезии, трнење, мускулна слабост, промена на бојата, оток, стареење, појава на гангрена, а во некои случаи и предизвикување на феномен на Raunaud's во засегнатиот горен екстремитет.

Етиолошки фактори на TOS

- Притискање на проксималниот дел на аксиларниот плексус и art.subclavia при премин преку mm.scaleni, ако мускулите се со зголемен тонус, хипертрофираат или имаат анатомски аномалии.
- Притискање на аксиларниот плексус, потклучната вена и потклучната артерија кон првото ребро или кон цервикалното ребро (доколку има такво) при што

поминуваат под клавикулата, особено ако е во депресија (на пример, носење на тежок товар или при неправилно држење на телото). Симптоматологијата може да се предизвика при фрактура или анатомски аномалии на клавикулата.

- Притискање на аксиларниот плексус и аксиларната артерија кон ребрата при премин под *mm.pectoralis minor* ако тој е скратен и со зголемен тонус, при неправилно држење на телото или при продолжено задржување на надлактицата во максимална елевација.
- Истегнување на аксиларниот плексус околу *proc.coracoideus* при максимална елевација на надлактицата.

Фактори кои придонесуваат за TOS

- Различни движења во моторните сегменти на рамениот комплекс можат да доведат до притискање на нерви и крвоносни садови.
- Неправилна поза (протрахирана глава, зголемена градна кифоза, протрахирано рамења) и мускулен дисбаланс (скратување на *mm.scaleni*, *levator scapule*, *pectoralis minor*, *subscapularis*) како и депресија на клавикулата.
- Неправилен стереотип на горно градното дишење со предоминантно вклучување на *mm.skaleni* при респираторните движења води до хипертрофија на овој мускул. Исто така елевираниот горен ребро го стеснуваат субклавикуларниот простор.
- Вродени аномалии (дополнителни ребра, премногу долги *proc.transversi* на C7) можат да го ограничат просторот за располагање на нервните и крвните садови. Недостаток на циркулација од трауматска или атеросклеротична повреда исто може да доведе до појава на симптоми на TOS.
- Трауматични оштетувања како фрактура на клавикулата или субакромијална луксација на главата на хумерусот може да го оштетат аксиларниот плексус или крвоносните садови, што води до појава на симптоми за TOS.
- Хипертрофија или развој на цикатрикси на *mm.pectoralis minor*.

Основни патофизиолошки промени и моторен дефицит

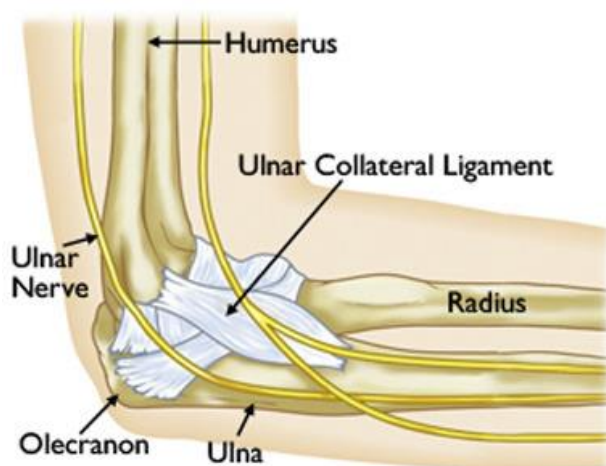
- Интермитентна неврогена и васкуларна симптоматика—болка, парестезии, вкочанетост, мускулна слабост, промени во бојата, оток.
- Мускулен дисбаланс во рамениот појас со скратување и зголемување на тонусот на вентралните и медијалните мускулни структури и намален тонус на дорзалните и латерални мускулни структури.
- Лошо држење во горниот дел од тораксот.
- Намалена издржливост на постуралните мускули.
- Намален респираторен стереотип со акцентирање на горно градно дишење.
- Ограничена подвижност на клавикулата и ребрата.
- Нарушен сон при користење на голема перница и при неудобна положба на горниот екстремитет.
- Неспособност за носење на куфер, чанта или други тешки предмети со засегнатиот екстремитет.
- Неможност за задржување на надлактицата во елевација над главата.
- Провокација на симптомите при пролонгирана работа на биро, пролонгирано задржување на телефонска слушалка до увото, пролонгирано возење (шофер).

II. 4 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈАНА ЛАКОТНИОТ КОМПЛЕКС

Структурни и функционални особини на лакотниот комплекс

Лакотниот комплекс претставува моторна единица на горниот екстремитет, поврзувајќи ги трите долги коски-os humeri, os radii, os ulnae. Тие коски се поврзуваат меѓусебе преку четири зглобови (хумеро-улнарен, хумеро-радиален, проксимален и дистално радиоулнарен) и еден кинематички двигателен сегмент (средно радиоулнарен двигателен сегмент).

Од кинезиолошка гледна точка лакотниот комплекс се состои од лакот и подлактица. При лакотот ги вбројуваме зглобовите кои го поврзуваат хумерусот со радиусната и улнарната коска (хумероулнарен и хумерорадиален зглоб) кои овозможуваат флексија и екстензија на надлакотот спрема подлактицата. При подлактицата ги вбројуваме зглобовите кои ги поврзува радиусот и улната (проксимални и дистални радиоулнарни зглобови) во кои се извршуваат пронација и супинација. Овде спаѓа и привремениот радиоулнарен моторен сегмент, кој нема анатомска структура на зглобна површина, но има важни кинематички карактеристики за определување на функцијата на подлактицата (сл. II.17).



Сл. II.17 Лакотниот комплекс

Кинематика на лакотниот комплекс

- Артрокинематика на флексо-екстензорната подвижност на лакотот

Флексо-екстензорната подвижност се одвива во хумерорадијалните и хумероулнарните зглобови кои што го сврзуваат хумерусот соодветно со улната и радиусот.

Хумерусот учествува во изградба на две површини:

- макара (trochlea humeri),
- главичка (capitulum humeri).

Макаратата има водечка бразда, а главичката има топчеста форма. Овие две површини се наоѓаат на една оска на која се извршуваат флексија и екстензија во сагитална рамнина. Оваа оска нормално не е распространета напречно на дијафизата на хумерусот, а е наклонета каудално во медијалната насока, што определува достапност на валгусен агол помеѓу надлакотот и подлактицата при свиткан лакот и супинирана подлактица. Кај жените вредноста е од 20°-25° а кај мажи од 10°-15°. Теоријата, дека овој агол служи за оддалечување на предметите од телото при носење не е наполно објаснета, бидејќи како при носење особено на тешки предмети, подлактицата е во положба на полупронација и ефектот на отклонување постепено се губи. При полна пронација кубиталниот агол исчезнува. При флексија кубиталниот агол постепено се намалува до потполно исчезнување, а кај некои лица дури подлактицата оди во варус.

Тие особености покажуваат дека движењето на подлактицата спрема надлакотот не е точно во сагиталната рамнина. За разлика од останатите топчести

зглобови чии коскени сегменти имаат паралелно надолжни оски, движењето во лакотниот зглоб отстапува од сагиталната рамнина.

Хумеро-улнарниот зглоб (art.humeroulnaris) ги поврзува trochlea humeri и incisura trochlearis ulnae. Се дефинира како топчест зглоб со добра конгруентност. Благодарение на оваа карактеристика и здравите колатерални лигаменти лакотот има подвижност главно во сагитална рамнина. Физиолошката дисконгруентност на зглобната површина дава можност за мали, медијално-латерални транслаторни движења кои се неопходни при пронација и супинацијата.

Позицијата за зглобна релаксација (ПЗР) е околу 70° флексија. Позицијата за зглобно заклучување (ПЗЗ) е при полна екстензија и супинација.

ПЗР - 70° флексија, 10° супинација
ПЗЗ - полна екстензија и супинација

Лизгањето на улната е во насока на извршените физиолошки движења.

Физиолошко движење *Насока на лизгање на улната*

- Флексија.....Вентрално
- Екстензија.....Дорзално

Улната го опфаќа дисталниот хумерус, што ја подобрува конгруентноста и стабилноста на зглобот. Дисталниот крај на хумерусот е наклонет под агол од 45° напред. Слична е и поставеноста во проксималниот крај на улната, каде олекранонот и израстокот формираат зглобна површина која исто така е наклонета под агол од 45° напред. Овие особености заедно со длабочината на пресеците на олекранонот и израстокот дозволуваат зголемување на обемот на флексијата без улната да се потпира на хумерусот.

Хумеро-радијалниот зглоб претставува топчест зглоб. Врската помеѓу овој зглоб и хумероулнарниот зглоб сепак ги ограничува движењата во фронталната рамнина. На тој начин има можност да остварува подвижност во две насоки:

- флексија и екстензија;
- ротација (ротаторно лизгање).

Конвексниот зглобен партнер е сферичната главичка на хумерусот, а конкавниот - краниалната вдлабнатина на главата на радиусот.

При флексија и екстензија главата на радиусот се лизга во насока на движењето. При пронотаторните движења на подлактницата главата на радиусот извршува ротаторно лизгање.

Физиолошко движење *Лизгање на caput radii спрема улната*

- Флексија.....Вентрално
- Екстензија.....Дорзално

Флексијата и екстензијата се извршуваат истовремено и во хумероулнарниот и во хумерорадијалниот зглоб по напречно-хоризонталната оска. Нормалниот обем на движењето е помеѓу 10° екстензија и до околу 150° флексија. Екстензијата се ограничува од допирањето на olecranon ulnae во дното на fossa olecrani, а флексијата од оптегнувањето на дорзалниот дел на зглобната капсула или од притискањето помеѓу вентрално распоредените мускули на надлакотот и подлактницата кај лица со по развиена мускулатура.

Зглобната капсула на лакотниот зглоб се засилува од три здрави и кратки лигаменти.

Медијалниот колатерален лигамент (lig.collaterale mediale) е распространет по медијалната (улнарна) површина на зглобот. Започнува од epicondylus medialis humeri, се спушта надолу и завршува во pros.coronoideus и основата на olecranon ulnae. Лигаментот формира три снопа - вентрален, дорзален и напречен сноп. Тој е најздравниот лигамент во лакотниот комплекс (издржува оптоварување од 260N). Вентралниот сноп е најздрав и се спротивставува на валгусен стрес. Фибрите му се оптегнати при сите положби на лакотот во сагитална рамнина. Предните влакна на

мадиално-колатералниот лигамент го зајакнува ануларниот лигамент. Фибрите на дорзалниот сноп се оптегнати при максимална флексија. Фибрите на напречниот сноп започнуваат од олекранот и завршуваат во *proc.coronoideus* и поради оваа причина нема стабилизирачка дејство.

Латералниот колатерален лигамент (*lig.colaterale laterale*) се наоѓа по латералната површина на зглобот. Започнува од *epicondylus lateralis humeri* и се дели на две снопчиња (ануларно и улнарно), обвиткувајќи го вратот на радиусот напред и назад, и завршува во *proc.coronoideus*, напред и позади *incisura radialis ulnae*. И двете снопчиња се оптегнуваат при максимална флексија. Овој лигамент, заедно со дорзолатералниот дел на зглобната капсула се спротивставува на варусниот стрес.

Вентралната површина на зглобната капсула се зајакнува од тенки колагени снопови. Тие одат косо од медијалниот кондил кон *lig.anulare*. Се припојуваат влакна од тетивата на *mm.brachialis* и на тој начин мускулот ја оптегнува зглобната капсула и ја штити од навлегување помеѓу зглобните површини.

- **Артрокинематика на проно-супинаторната подвижност на подлактица**

Пронацијата и супинацијата се извршуваат истовремено во три зглобни сегменти-проксимални и дистални радиоулнарни зглобови и среден радиоулнарен двигателен сегмент. Треба да се има предвид дека во хумерорадијалниот зглоб се извршува ротаторно лизгање. Оската на движење минува вертикално преку главата на радиусот и главата на улната.

Пронацијата и супинацијата овозможуваат на дланката да се ориентира во различни насоки. Дополнително ротирање на дланката е возможно и во радиокарпалниот зглоб, затоа пронацијата и супинацијата на подлактицата се помали отколку комплексната супинација и пронација на дланката.

Проксималниот радиоулнарен зглоб ја поврзува конвексната површина на *circumferentia articularis* со конкавно радијалниот пресек на улната. При проносупинаторните движења радијалната глава се ротира во ануларниот лигамент околу централната оска и спрема главичката на хумерусот во хумерорадијалниот зглоб. Бидејќи формира конвексна зглобна површина, при движењето во проксималната радиоулнарна зглобна површина главата на радиусот се лизга обратно од насоката на извршеното движење.

<i>Физиолошко движење</i>	<i>Лизгање на capit radii спрема улната</i>
➤ Пронација.....	Дорзално
➤ Супинација.....	Вентрално

Ануларниот лигамент (*lig.anulare radii*) започнува и завршува на улната. Внатрешната површина на лигаментот е покриена со зглобна рскавица која го намалува триењето при ротирање на главата на радиусот.

Дисталниот радиоулнарен зглоб претставува пивотирачки зглоб што го сврзува конкавниот улнарен пресек на радиусот со конвексната глава на улната. На долниот раб на улнарниот пресек на радиусот се наоѓа триаголен фиброрскавичен диск, завршувајќи во *proc.styloideus ulnae*. Овој диск ја изолира улната од директен контакт со радиокарпалниот зглоб. Вентралниот и дорзалниот раб на дискот контактираат директно со вентралниот и дорзалниот радиоулнарен лигамент, формирајќи триаголен фиброрскавичен комплекс. Овој фиброрскавичен комплекс е основниот стабилизатор на дисталниот радиоулнарен зглоб и има важно значење за кинематиката на пронацијата и супинацијата. Останатите стабилизатори на зглобот се квадратниот лигамент, зглобната капсула, тетивата на *mm.flexor carpi ulnaris* и меѓукоскената мембрана. Оптегнувањето и релаксирањето на палмарниот и дорзалниот радиоулнарен лигамент предизвикува деформација на триаголниот фиброрскавичен комплекс. При пронација, оптегањето на дорзалниот радиоулнарен лигамент предизвикува подлабок контакт помеѓу радиусот и дорзалниот дел на радијалниот пресек на улната, а при супинација се предизвикува подлабок палмарен контакт.

При остварување на просупинаторните движења, во проксималниот радиоулнарен зглоб главата на радиусот се врти околу сопствената оска а во дисталниот-радиусот обиколува околу главата на улната. При пронација двете коски на подлактицата се вкрстуваат, а при супинација се паралелни. Општиот размер на движењето е околу 130°-140°.

При физиолошко движење во дисталниот радиоулнарен зглоб, конкавниот радиален зглобен партнер се лизга во насока на извршеното движење. При движењата во дисталниот радиоулнарен зглоб не само радиусот се врти околу улната. При супинација дисталниот крај на улната се изместува вентрално и медијално, а при пронација-дорзално и латерално.

Нормално пронацијата и супинацијата на подлактицата се спроведуваат истовремено во проксималната и дистална радиоулнарна зглобна површина.

Радиоулнарниот моторен сегмент е формиран од диафизите на радиусот и улната кои ги сврзува меѓукоскената мембрана (*membrana interossea*). Ги поврзува двете коски на подлактицата по целата должина без да пречи на просупинаторните движења. Радиусот и улната се поврзани помеѓу себе и преку *lig. quadratum*, поврзувајќи го дисталниот раб на *incisura radialis ulnae* со основата на внатрешниот долен раб на *caput radii*. Оваа врска е ја ограничува пронацијата и супинацијата на подлактицата.

Фибрите на *membrane interossea* се спуштаат од радиусот кон улната во косо-каудални насоки. Косата врска се спушта перпендикуларно на *membrane interossea* т.е. косо каудално од улната кон радиусот.

Радиоулнарниот двигателен сегмент има важна функција да пренесува силовите оптоварувања помеѓу раката и лактот. Околу 80% натоварувањето при отпор се презема од латералната страна на китката и радиусот. Меѓукоскената мембрана дозволува голем дел од тоа оптоварување да се предаде проксимално кон улната и по тој начин да се преземе од хумероулнарниот зглоб кој има многу поголема контактна површина од хумерорадијалниот зглоб.

Оштетување на меѓукоскената мембрана е предуслов за развој на дегенеративни процеси од неправилно натоварување на лактот.

Лица кои постојано носат тешки товари можат да ги преоптоварат мускулите на горниот екстремитет (*mm. brachioradialis*), како и ануларниот и кос лигамент. Ако товарот се крева нагоре над лактот оптоварувањето ќе предизвика компресија (не тракција) и ќе биде преземен директно од радиусот, оттука преку меѓукоскената мембрана ќе се пренесе кон улната.

Мускулна активност во лакотниот комплекс

Мускулната активност во лакотниот комплекс како во секој проксимален сегмент од дадената кинетичка верига дава можност како за движење, така и за динамичка стабилизација и задржување на зглобот во дадена позиција. Мускулите, чии дистални делови се прекрепени на улната, можат да извршуваат само движења во сагитална рамнина (флексија и екстензија). Мускулите кои се прикрупени за радиусот имаат потенцијална можност да извршуваат флексија или екстензија, пронација или супинација на подлактицата.

Флексија - Десет мускули имаат биомеханички предуслови да извршуваат флексија во лакотниот зглоб. Два од нив, *mm. brachialis* и *mm. biceps brachii* се распространети по вентралната површина на надлактиот. Останатите осум мускули: *brachioradialis*, *pronator teres*, *flexor carpi radialis*, *flexor carpi ulnaris*, *flexor digitorum superficialis*, *extensor carpi radialis longus* и *brevis* и *palmaris longus*, се распространети по предната и латерална површина на подлактицата.

Екстензија - Четири мускули имаат биомеханички предуслови да извршуваат екстензија во лакотниот зглоб: *mm. triceps brachii*, *mm. anconeus*, *mm. extensor carpi ulnaris* и *mm. extensor digitorum*. Последните два мускули имаат незначајно дејство.

Кинетика на флексорната функција

Флексорната мускулна сила е поголема од таа при останатите движења во лакотниот комплекс.

Активноста на флексорите зависи од положбата. Најголемиот вртежен момент се развива при околу 90° флексија кога надлактицата е во супинација. При пронирана надлактица флексорната сила се намлува околу 20-25%.

Основно комплексно движење на горниот екстремитет е приближувањето на дланката кон главата и трупот. Се комбинира со екстензија во рамото и флексија во лактот т.е. постои синергизам помеѓу задниот дел на mm.deltoides и флексорите во лактот. Mm.deltoides не само што извршува екстензија на надлактицата во рамото, туку и го неутрализира флексорното дејство на mm.biceps brachii во рамото. Комбинирањето на екстензија во рамото и флексија во лактот му дава можност на mm.biceps brachii да се контрахира еконцентрично, т.е. да не ја менува неговата должина, која му дава можност да го зачува оптималниот должинско-тензионен сооднос.

Кинетика на екстензорната функција

При активна екстензија во лактот први се активираат mm. anconeus и медијалната глава на mm.triceps brachii. Само при значајни засилувања се активираат латералната и долгата глава на mm.triceps brachii. Најголемо дејство екстензорите имаат при полна екстензија во лактот, но тогаш се максимално скратени и немаат доволно контрактилна моќ. Затоа најголемиот екстензорен момент се постига при 90° флексија.

Како квадрицепсот во коленото, екстензорите во лактот имаат значајна стабилизирачка улога, особено при отпор врз горните екстремитети. Тие извршуваат, како ексцентрична, така и концентрична работа, на пример: при туркање, подавање и ловење на топка и др. Туркањето обично се комбинира со флексија во рамото. Основната интеракција во синергизмот на туркањето е тоа помеѓу предниот дел на mm.deltoides и екстензорите во лактот. Mm.deltoides ја извршува флексијата во рамото туркајќи ја подлактицата напред и го неутрализира екстензорното дејство на долгата глава на mm.triceps brachii во рамото. Комбинирањето на флексијата во рамото и екстензијата во лактот дава можност долгата глава на mm.triceps brachii да се контрахира егцентрично, т.е. да не ја променува својата должина, која дава можност да го запази оптималниот должинско-тензионен сооднос.

Пронација - За да има биомеханички предуслов за извршување на пронација или супинација даден мускул-треба да започнува од хумерусот или улната и да завршува на радиусот или шаката. Четири мускули имаат биомеханички предуслов за извршување на пронација на подлактицата: mm.pronator teres, mm.pronator quadratus, mm.brachioradialis и mm.flexor carpi radialis.

Супинација - Четири мускули имаат биомеханички предуслов да извршуваат супинација: mm.supinator, mm.biceps brachii, mm.brachioradialis и mm.extensor carpi radialis longus. Генерираат околу 25% поголем максимален вртежен момент од пронаторите, бидејќи имаат два пати поголем напречен пресек.

- Мускулен синергизам во лакотниот комплекс

Бицепсот и трицепсот имаат реципрочна интеранкција не само во лактот, туку и во рамото. Бицепсот го флектира лакотниот зглоб, ја супинира надлактицата, а освен тоа има биомеханички потенцијал да се свитка во рамениот зглоб. Во случај на приближување на објект кон телото се бара истовремена флексија во лакотниот зглоб и екстензија во гленохумералниот зглоб. Бидејќи првото движење бара приближување на припојните места на бицепсот, а како второ ги раздалечува, ја задржува константната должина и на тој начин ја задржува контрактилната способност во текот на целиот сектор на движење. Трицепсот го прави истото при туркање.

Лакотната мускулатура дава одличен пример за мускулен синергизам. При отклучување на брава или затварање винт со шрафцигер, напрегањето на бицепсот како супинатор предизвикува флексорна функција. Неутрализатор на таа компонента е трицепсот како главен екстензор. Затоа дури и при надминување на лесен отпор против супинација се палпира контракција на трицепсот.

При доближување на прибор за хранење кон устата во исто време се извршува флексија и супинација. Движењето се извршува од концентричното дејство на

бицепсот. Враќањето во првобитната положба се остварува под дејство на гравитацијата (не од антагонистите трицепс и пронатори) како што бицепсот што го контролира движењето преку ексцентричното дејство.

Патокинезиолошки промени во лакотниот комплекс

- Адаптабилни механизми при моторен дефицит во лакотниот комплекс

Флексијата во лакотниот комплекс осигурува значајна функција на горниот екстремитет како повлекување, кревање, хранење, нега на лице и главата. Од флексорниот дефицит во лакотниот комплекс страдаат лицата со повреда на 'рбетниот мозок над нивото на C5, при ДЦП и др.

Ексензијата во лакотот е неопходна при активности поврзани со туркање, фрлање и протегање за достигнување на оддалечен објект. Ограничувањето на пасивната екстензија најчесто се должи на зглобни патологии, поврзани со развој на контрактури, внатрешни фрактури на зглобовите или зглобна хондроматоза. Активниот екстензорен дефицит се развива при парези и парализи на *mm.triceps brachii*.

Функционалниот обем на подвижноста во лакотот во сагиталната рамнина е помеѓу 30°-130° флексија.

При ограничување на флексијата се влошува целосната функција на горниот екстремитет во однос на самопослужувањето, бидејќи не може да се скрати доволно за да даде можност на раката да достигне до главата и горниот дел на трупот. Недостасува ефективен компензаторен механизам, кој дава можност на горниот екстремитет да се скратува при ограничена флексија во лакотот.

Ограничувањето на екстензијата не е толку инвалидизирачка, бидејќи протегањето напред за да достигне различни предмети може да се компензира ефективно, преку движење на тораксот, чекор во соодветната насока или користејќи ги зглобовите на долните екстремитети за да се приближи на објектот (при облекување на обувки, чорапи). Независно од тоа, дијапазонот на достигнување се ограничува драстично при ограничена екстензија во лакотот. Се отежнуваат активностите кои бараат туркање (како при станување од стол), излегување од базен, одење на бастун или патерици.

Проносупинаторната подвижност на подлактицата дава можност на дланката да се ориентира во различни насоки. Ротаторната подвижност на подлактицата е кинематично поврзана со ротаторната подвижност на надлактицата во рамениот зглоб. Со цел да се избегнат грешките, мерењето и читањето на пронацијата и супинацијата зазема неутрална позиција, при која лакотот е свиткан, а палецот е насочен нагоре.

Функционалниот обем на проносупинаторната подвижност на подлактицата е околу 100°.

Супинацијата на подлактицата обезбедува важни моторни активности, ја насочува дланката кон лицето и телото, како и дејности како фаќање на бастун, патерици, стол, ограда. Ограничувањето на супинацијата не дава можност на дланката да се насочи кон телото и на тој начин пречи на самопослужувањето. Кога лакотот е флектиран, супинацијата може да се компензира во значителен степен преку надворешна ротација на надлакотот, а ако лакотот е флектиран, надворешната ротација на надлактицата треба да се спроведе со аддукција.

Пронацијата на подлактицата овозможува на дланката да се насочи надвор од телото за работа со уреди, инструменти, пишување итн. Затоа ограничувањето на пронацијата ги отежнува овие активности. При флектиран лакот најнефективниот компензаторен механизам е преку внатрешна ротација на надлакотот, а ако лакотот е флектиран, внатрешната ротација треба да се комбинира со абдукција.

Заменски механизми во лакотниот комплекс

При повреда на 'рбетниот мозок на ниво C6, болниот страда од парализа на мускулите на тораксот и нозете, но мускулите на рамото, флексорите на лакотот и екстензорите на дланката имаат зачувана функција. Затоа при работа со такви пациенти би можело да се развијат моторни стратегии, кои овозможуваат самостојно седнување, облекување, преместување од креветот во инвалидска количка и обратно.

За самостојно кревање и преминување во седечка положба пациентот може да може да го искористи реверзибилното мускулно дејство на лакотните флексори. За таа цел треба да има поддршка од рачниот зглоб и на тој начин флексорите во лакот нема да ја приближуваат подлактицата кон надлактицата, а обратно - ќе ги приближи надлактица и трупот кон фиксираната подлактица.

Парализата на екстензорите во лакот им пречи на болните да ги креваат горните екстремитети за да достигнат различни предмети, како и да ги искористат екстремитетите за поддршка (недостатокот на активна екстензија не дозволува на лакот да остане во таа позиција). Во тој случај, при затворена кинетичка верига, кога дланката е во контакт со потпората, можат да извршат флексија во рамото (клавикуларните делови на *mm.pectoralis major* и *mm.deltoides*). Во затворена кинетичка верига дејството предизвикува поместување на лакот напред со што го екстензира и може да го задржи во таа позиција, така болниот ќе се потпре врз горниот екстремитет.

Патокинезиолошка карактеристика на траумите во лакотниот комплекс

Траумите на лакот се среќаваат често, особено во детска возраст и млади, активни лица. Анализата на функционалните последици при такви трауми бара големо познавање за патокинезиолошкиот механизам на нивното добивање.

➤ Компресивни повреди

Отпорноста на лакот спрема компресивни сили е обезбедена пред се, од коскениот структури, затоа компресивните трауми најчесто предизвикуваат фрактури. При пад со екстензиран лакот се предизвикува директно пренесување на оптоварувањето од подлактицата кон надлактицата. Ако истовремено се додаде валгусен стрес, оптоварувањето се пренесува на радиусот и доаѓа до фрактура на главата на радиусот. Ако силата се пренесе на улната доаѓа до фрактура на олекранонот или на *procr. coronoideus*. Ако радиусот и улната го издржат товарот, силата се пренесува проксимално и доаѓа до супракондиларна фрактура на хумерусот.

➤ Дистракциони повреди

Тракционите оптоварувања во лакот се преземаат првенствено од капсуло-лигаментарните структури, поради што се повредуваат најчесто. При значителни тракциони сили главата на радиусот може да излезе од ануларниот лигамент. Тоа често се случува при силно теглење на раката - особено кај деца, поради недоразвиената глава на радиусот. Затоа родителите треба да се предупредат за таа опасност и не треба да дозволат такви истегнувања на подлактицата. При напредно теглење кога детето го очекува тоа, опасноста е минимална, поради рефлекторната стабилизирачка контракција на лакотните флексори и екстензори, кои ги неутрализираат тракционите сили.

➤ Варус-валгус повреди

Колатералните лигаменти и зглобната капсула ја осигуруваат стабилноста на лакот во фронталната рамнина. При значајни валгусни оптоварувања медијалните колатерални структури се подложни на истегнување, доколку латералните коскени структури испитуваат хипер-компресија. При варосни оптоварувања се случува обратно-истегнување на латералните колатерални структури и хипер-компресија на медијалните коскени структури. Силата на истегнувањето предизвикува руптура на капсуло-лигаментарните структури, доколку компресивните сили ако не предизвикаат фрактура, обично предизвикуваат повреди на зглобната рскавица со последователна аваскуларна некроза и дегенеративни зглобни промени.

Ненадејна, силна контракција на *mm.biceps brachii*, кога лакот е флектиран до 90°, а подлактицата е супинирана, може да дојде до руптура на тетивата на овој мускул. Поради важната функција на тој мускул, доколку се доведе до загуба ќе претставува сериозен проблем, кое наметнува оперативен зафат.

Патокинезиолошки механизми при повреди од репетитивно преоптоварување

Кон вакви повреди се склони лица кои се занимаваат со спортови како тенис, кошарка, бејзбол и др. Користењето на ракета го зголемува моменталното дејство на надворешното спротивставување и тоа ја оптоварува мускулатурата на подлактицата и лактот.

Една од типичните лакотни повреди од преоптоварување е *лателарниот епикондилит (тениски лакот)*. Се карактеризира со болка во областа на радијалните екстензори на китката, латералниот епикондил и хумерорадијалниот зглоб. Воспалителната симптоматика најчесто се предизвикува од неправилен бекхенд при тенис, барајќи дорзална стабилизација на китката спрема воларно насочениот стрес или при градинарски обврски, барајќи репетитивно екстензирање на китката. Најчесто се воспалуваат мускулно-тетивната инсерција на *mm. extensor carpi radialis brevis* (сл. II.18).



Сл. II.18 Лателарален епикондилит

Медијалниот епикондилит (голфски лакот) се предизвикува од преоптоварување на *pronator teres*, *flexor carpi radialis* и понекогаш *flexor carpi ulnaris*. Тој мускул се преоптоварува при движења - како сервирање во тенисот (комбинирање на екстензија во лактот, пронација на подлактицата и флексија во китката) и активности кои бараат репетитивна флексија на китката (замав со палка за голф, ловење на топка при бејзбол игра, плевање во градина, кревање на тешки предмети и др.) Причина за развој на медијален и латерален епикондилит е драстично стеснување на мускулните коренчиња на подлактицата, кога тие се спојуваат во проксималните тетиви, зафаќајќи го медијалниот или латералниот епикондил. Тоа создава значителен напор во мускулно-тетивните инсерции (сл. II.19).



Сл. II.19 Медиален епикондилит

Најчеста причина за развој на епикондилит е прекумерната активност на дланката или подлактницата при различни активности. Во такви случаи лесно се надминуваат механичките можности на соодветната структура. Се појавуваат микротрауми и руптури во областа на мускулно–тетивните инсерции. Тие ткива обично се оптоваруваат пред потполно да заздрават и развиваат хронично воспаление. Последователно се предизвикува ткивна пролиферација и сраснувања.

Основни патокинезиолошки промени при лакотен епикондилит

- Постепено појавување на силна болка во областа на лактот при активност, оптоварување на китката и подлактницата.
- Болка при оптегнување на засегнатиот мускул или при контракцијата, кога лактот е екстензиран.
- Намалена мускулна сила и издржливост на засегнатиот екстремитет.
- Намалена сила на зафатот поради болната провокација.
- Болка при палпација во областа на лезијата (латералниот или медијалниот епикондил, главата на радиусот, соодветното мускулно испакнување).
- Немоност за применување на соодветни спортски дисциплини (тенис, фрлање, голф и др.).
- Потешкотии при работа, бара повторувачки движења во рачниот зглоб и подлактницата - подредување на мали предмети, работа со чук и други инструменти, свирење на музички инструменти, пакување и др.

При репетитивно оптоварување на медијалниот колатерален лигамент (ловење на топка, како во бејзбол игра) тој се прерастегнува и тоа предизвикува медијална нестабилност и зголемување на кубиталниот агол.

Патокинезиолошки промени при трауми и зглобни патологии во областа на лактот

Во *акутниот период*, при трауми и заболувања, основен проблем претставува отокот, болката и мускулниот спазам. Отокот ја ограничува зглобната подвижност и предизвикува дополнителни болни провокации. Во *субакутниот и хроничен период* отокот и болката се намалуваат но движењата се ограничени (поограничена е флексијата). Затоа, кога има продолжителна имобилизација, лактот се поставува во позиција на 80°- 90° флексија, со цел побрзо обновување. По вадење на имобилизацијата најчесто дефицитот во екстензијата е поизразен од оној на флексијата. Пронацијата и супинацијата се ограничуваат кога има внатрешни фрактури, засегнат е и проксималниот радиоулнарен зглоб, како и фрактура на дијафизата на подлактницата кои зараснуваат со значителни деформации. Тие движења можат да се засегнат при артрити и зглобни хондроматози.

Патолошките состојби како ревматоиден артрит, артроза во лактниот зглоб, остри зглобни ограничувања после траума (фрактури, луксации) можат да предизвикаат значаен двигателен дефицит во лакотниот комплекс.

Основни патокинезиолошки промени при трауми и зглобни патологии:

- Во акутниот период постои оток, болка и мускулен спазам што го ограничува обемот на флексија и екстензија. Често се јавува болка при мирување. Пронацијата и/или супинацијата се засегнуваат при фрактури, сублуксации и луксации во лакотниот зглоб.
- Во субакутниот период флексијата е обично поограничена од екстензијата (поставување на имобилизација при 90° флексија во лактот води до поизразен дефицит во екстензијата).
- При артрити, зглобни хондроматози и др., се засега главата на радиусот, пронацијата и супинацијата се ограничени.
- Артритните промени во дисталниот радиоулнарен зглоб предизвикуваат најчесто болка при дополнителен притисок.
- Потешкотии при одредени активности кои вклучуваат отворање и затварање на врата, туркање и повлекување.
- Потешкотии при одредени активности како вртење на клуч од брава.

- Потешкотии при одредени активности кои вклучуваат кревање на раката до главата - хранење, пиење од чаша, миење на лицето.
- Потешкотии и болка при туркање на потпирачката од столот при станување.
- Невозможност за носење на товар со испружена рака.

Како и при другите зглобови во мускуло-скелетниот систем, имобилизацијата во лакотната област предизвикува намалување на мускулната сила и издржливост и ограничување на подвижноста во зглобовите. Имобилизацијата се поставува доколку постојат фрактури, луксации, руптури итн. После имобилизација флексорите ослабуваат повеќе од екстензорите. Слабоста на флексорите не им дава можност да дејствуваат ефективно и како динамични стабилизатори.

Патокинезиолошки промени во лакотниот комплекс при невролошки повреди

Во областа на лактот можат да бидат притиснати и траумирани периферните нерви.

N. ulnaris е поповршински расположен кога поминува покрај fossa olecrani, позади медијалниот епикондил. Потоа нервот поминува помеѓу главите на mm.flexor carpi ulnaris. Затоа при репетитивно оптоварување на тој мускул може да се предизвика компресија на n.ulnaris. Се добива типичен синдром на кубиталниот канал, кој се карактеризира со намалена функција на n. ulnaris. Компресијата или траумата на n.ulnaris на ниво на лактот предизвикува сензорни пречки по улнарниот дел на дланката, малиот прст и медијалната страна на безимениот прст, како и парези на мускулите инервирани дистално од повредата-mm.flexor carpi ulnaris, улнарната страна на mm.flexor digitorum profundus, мускулите на хипотенарот, mm.interossei, mm. lumbricali III и IV, mm.flexor pollicis brevis, mm.adductor pollicis. Се развива деформација „*полуграблива рака*“. Се карактеризира со хиперекстензија на метакарпофалангеалните зглобови на четвртиот и петтиот прст, поради недостатокот на неутрализатори на теглењето на mm.extensor digitorum communis.

N. radialis продира во латералниот мускулен компартмент, вентрално од латералниот епикондил и минува под проксималната инсерција на mm. extensor carpi radialis brevis, што потоа се дели. Одделувачката длабока гранка може да биде притисната, поминувајќи под телото на mm.extensor carpi radialis brevis и фиброзната фасција на mm.supinator. Тоа предизвикува прогресивна пареза на екстензорите на китката и прстите и на mm.supinator (со исклучок на mm.extensor carpi radialis longus, кој ја добива инервацијата над разгранувањето). Длабоката гранка може да биде оштетена и при фрактура на главата на радиусот. Површинската гранка може да биде оштетена при директна траума што ќе предизвика сензорни нарушувања во латералниот дел на подлактицата, дистално до анатомската табакера и радијалната страна на дорзалната површина на дланката, како и радијалните три и половината од IV прсти. Карактеристично за парализите на n.radialis е таканаречена „*капковидна рака*“, каде раката виси вентрално под дејство на гравитацијата, поради недостатокот на екстензијата во китката и прстите.

N. medianus преминува длабоко во кубиталната јамка, медијално од тетивите на бицепсот и брахијалната артерија, која поминува меѓу улнарната и медијалната глава на mm.pronator teres, и влегува под mm.flexor digitorum profundus. Нервот може да биде притиснат при преминот помеѓу главите на mm.pronator teres, добивајќи сензорен дефицит кој личи на симптомите на carpal tunnel syndrome (палмарната површина на палецот, показалецот, средниот и латералниот дел на безимениот прст и дорзалната површина на дисталните фаланги на палецот и безимениот прст). Моторниот дефицит го зафаќа mm.pronator teres, mm.flexor carpi radialis, mm. palmaris longus, mm.interossei, mm.lumbricales I и II, површинско распространетите мускули на тенарот: mm.abductor pollicis brevis, mm.opponens pollicis, mm.flexor pollicis brevis-superficiale. При carpal tunnel syndrome двигателниот дефицит ги зафаќа само мускулите на тенарот и лумбрикалите. Карактеристична за повредата на n.medianus е таканаречена „*граблива рака*“, која се карактеризира со хиперекстензија (гриф) во метакарпофалангеалните зглобови на првите три прсти и лека флексија во интерфалангеалните зглобови.

II.5 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈАНА РАЧЕН ЗГЛОБ И ДЛАНКАТА

II.5.1 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈАНА РАЧЕН ЗГЛОБ

Структура и кинезиолошко значење на рачниот зглоб

Рачниот зглоб ја оформува флексибилната врска помеѓу подлактицата и раката. Тој има кинезиолошка задача оптимално да ја позиционира раката за извршување на фини моторни активности. При тоа, преку неговата позиција се одржува и оптималниот должинско-тензионен сооднос на долгите мускули на прстите, така што тие не паѓаат во активна слабост.

Рачниот зглоб е изграден од осум мали коски, распоредени во две редици. Во кинематиката на рачниот зглоб исто така се вбројува дисталниот дел на радиусот и триаголниот фиброрскавичен комплекс. Сите осум коски се подвижни, но како целина образуваат две основни зглобни површини на рачниот зглоб - *радиокарпален* и *медиокарпален* зглоб. Останатите зглобни врски помеѓу коските на рачниот зглоб се нарекуваат интеркарпални зглобови. Нивната подвижност е минимална, но има значителен придонес за подвижноста на рачниот зглоб како целина.

По палмарната површина, карпалните коски формираат свод покриен од напречниот карпален лигамент. Лигаментот е припоен за *os pisiformis* и кукичката на *os hamatum* уларно, а радијално за *os scaphoideum* и *os trapezium*. За него се припојуват многу од кратките мускули на раката. Покриениот свод од напречниот карпален лигамент го оформува карпалниот канал преку кој поминуваат *n.medianus* и тетивите на долгите флексори на прстите.

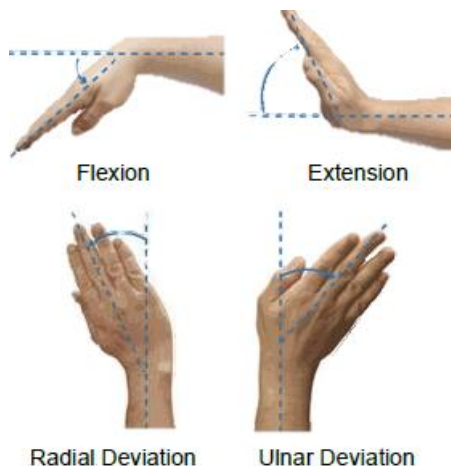
Кинематика и кинетика на зглобовите во рачниот зглоб

Општата физиолошка подвижност на рачниот зглоб дозволува два степени на слободно движење - во *сагитална* и *трансверзална* рамнина. Поради неконгруентноста на зглобните површини, во радиокарпалниот зглоб е можна околу 45° проносупинаторна подвижност, која се ограничува од радиокарпалните лигаменти.

Екстензијата во рачниот зглоб уште се нарекува и *дорзална флексија*, а флексијата - *палмарна флексија*. Аддукцијата уште се нарекува и *уларна девијација*, додека абдукцијата - *радијална девијација*.

Општата подвижност во сагиталната рамнина е околу 130°-140°. Флексијата е помеѓу 65-80°, а екстензијата – помеѓу 55°-70°. Нормално флексијата ја надминува екстензијата со 10°-15°. Тоа се должи на вентралното отклонување на дисталниот дел на радиусот (сл. II.20).

Општата подвижност во фронталната рамнина е помеѓу 45°-55°. Обемот на подвижност се мери според аголот помеѓу надолжната оска на радиусот и третата метакарпална коска. Уларната девијација за околу два пати ја надминува радијалната, поради уларното отклонување на дисталниот дел од радиусот. Така средната уларна девијација е околу 30°, а радијалната околу 15°.



Сл. II.20 Движења во рачниот зглоб

Повеќето движења во рачниот зглоб се комбинирани и во двете рамнини. Најголем е дијапазонот на дијагонална подвижност помеѓу максималната флексија со радијална девијација и максималната екстензија со улнарна девијација.

Основните работни активности бараат функционалната подвижност на рачниот зглоб да е помеѓу 10° флексија и 35° екстензија, како и 10° радијална девијација и 15° улнарна девијација. При неопходност од артродеза, рачниот зглоб се фиксира во „функционална позиција“ (10°-15° екстензија и 10° улнарна девијација), која најмалку ја отежнува функцијата на раката.

Артрокинематика

Центарот на физиолошките движења во рачниот зглоб се наоѓа во областа на главата на *os capitatum*. Поради силната врска помеѓу *os capitatum* и третата метакарпална коска отклонувањето на *os capitatum* ја насочува целата рака во соодветната насока. Бидејќи рачниот зглоб претставува двонасочен систем, движењата ги ангажираат во исто време радиокарпалните и медиокарпалните зглобови.

Флексија и екстензија

Кинематиката на движењата на рачниот зглоб во сагиталната рамнина бара анализа на централниот ред - т.е. коскените структури и зглобови, кои го поврзуваат радиусот со третата метакарпална коска. Во централниот ред радиокарпалниот зглоб е претставен од артикулацијата на радиусот со *os lunatum*, а медијалниот дел на медиокарпалниот зглоб е претставен од артикулацијата помеѓу *os lunatum* и *os capitatum* и третата метакарпална коска која се смета за неподвижна.

При флексија и екстензија *os lunatum* и *os capitatum* се лизгаат во насока обратна на извршуваните движења. Така, движењата во двата зглоба се сумираат и одделно извршуваат приближно двапати помалку движења. Помалата индивидуална подвижност во двата зглоба одделно ги прави постабилни.

При екстензија *os lunatum* се лизга палмарно во радиокарпалниот зглоб, а дисталниот крај се насочува дорзално. На ист начин *os capitatum* се лизга палмарно во медиокарпалниот зглоб, а дисталниот крај се насочува дорзално. Целиот механизам води до сумирање на екстензијата во двата рачни зглобови.

При максимална екстензија на рачниот зглоб се оптегнуваат палмарниот радиокарпален лигамент, зглобната капсула и тетивата на флексорите на прстите. Добро го стабилизира рачниот зглоб и му дава можност за преземање на значително натоварување, како при потпирање на дланките.

При флексија лизгањето и изместувањето се обратни од екстензијата. При максимална флексија рачниот зглоб не е така стабилен како при полна екстензија и не би можел да преземе потпорна функција.

Опишаниот модел на движење во централниот ред скоро целосно ја објаснува кинематиката на рачниот зглоб при движења во сагиталната рамнина. *Os scaphoideum* се движи во радиокарпалниот зглоб исто како и *os lunatum*, но поради различната големина и форма се придвижува со различна брзина. Тоа предизвикува лесно разместување помеѓу *os scaphoideum* и *os lunatum* во крајот на флексијата и екстензијата, кое се ограничува од скафоидеолунатниот лигамент. Затоа повредата на тој лигамент предизвикува скафоидеолунатна нестабилност и сериозно ја нарушува артрокинематиката на рачниот зглоб.

Улнарна и радијална девијација

Артрокинематиката на улнарната и радијална девијација е малку посложена од онаа на флексијата и екстензијата во рачниот зглоб.

При улнарната девијација радиокарпалниот и медиокарпалниот зглоб рамномерно придонесуваат за општиот обем на подвижност. Во радиокарпалниот зглоб проксималната редица на коски во рачниот зглоб се лизгаат во обратна насока на движењето-радијално завртувајќи се кон улнарно проксималната зглобна површина на медиокарпалниот зглоб. Во медиокарпалниот зглоб главата на *os capitatum* лесно се лизга во радијална насока. Поместувањето се ограничува од отпорот на *os hamatum* во *os triquetrum*. Тој отпор предизвикува притисок, кој се пренесува по проксималната редица на коски во рачниот зглоб и ги притиска кон *proc. styloideus*

radii, т.е. при полна улнарна девијација проксималната колона на коски во рачниот зглоб е притисната помеѓу os hamatum и proc.styloideus radii. Тоа ја подобрува стабилноста, што е особено важно при силни зафати со раката.

Радијалната девијација има подобра кинематика од улнарната девијација. Обемот на подвижност е помал поради контактот помеѓу os scaphoideum и proc.styloideus radii. Од таа причина поголемиот дел од радијалното одведување се извршува во медиокарпалниот зглоб. На крај од движењето os hamatum се раздалечува од os triquetrum.

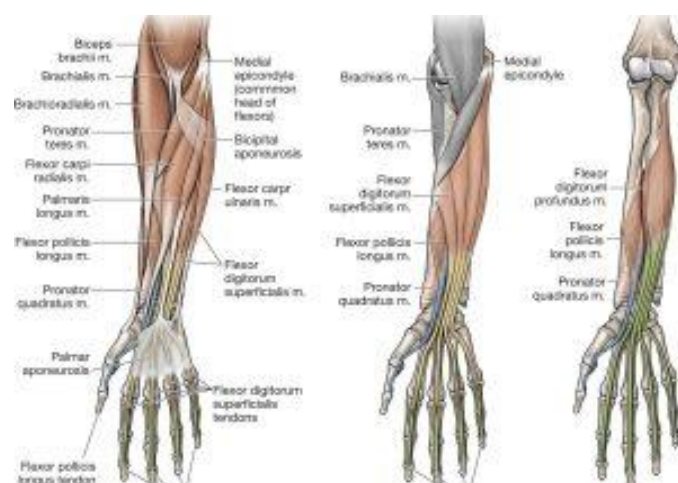
При радијална и улнарна девијација артрокинематиката на проксималниот карпален ред всушност е малку посложена од горенаведената. Во поголем степен os scaphoideum и во помал степен os lunatum се отклонуваат и во сагиталната рамнина. При радијална девијација проксималниот карпален ред преминува во лесна флексија, а при улнарно во лесна екстензија.

Важно значење за артрокинематиката на радијалната и улнарната девијација во рачниот зглоб има лигаментарниот апарат. Тој образува систем на двојна V-форма, која ја контролира улнарната и радијалната девијација. Дисталниот систем во V-форма се образува од медијалната и латералната гранка на палмарниот интеркарпален лигамент. Проксималниот систем во V-форма се образува од палмарниот, улнокарпалниот и палмарниот радиокарпален лигамент. Влакната и на двата системи се оптегнати дури при неутрална позиција. При улнарна девијација пасивното растегнување се пренесува дијагонално преку рачниот зглоб кога се оптегнуваат латералната гранка на палмарниот интеркарпален лигамент и палмарниот улнокарпален лигамент. При радијална девијација растегнувањето се пренесува по другата дијагонала, предизвикувајќи оптегнување на медијалната гранка на палмарниот интеркарпален лигамент и палмарниот радиокарпален лигамент. На тој начин двојниот систем во V-форма го контролира лизгањето во нормална насока и исто така ја подобрува динамичката стабилизација во рачниот зглоб.

Овој систем ги објаснува ограничувачките фактори на подвижноста во фронталната рамнина. Радијалната девијација се ограничува од улнарниот колатерален и палмарниот радиокарпален лигамент. Улнарната девијација се ограничува од радијалниот колатерален и палмарниот улнокарпален лигамент.

Мускулната функција во рачниот зглоб

Мускулите, кои ги извршуваат движењата во рачниот зглоб се распоредени на подлактицата. Дел од нив дејствуваат само во неа, додека другите дејствуваат и во зглобовите на прстите на раката (сл. II.21).



Сл. II.21 Мускули на рачниот зглоб

Флексори

Flexor carpi ulnaris
Flexor carpi radialis
Palmaris longus

Екстензори

Extensor carpi radialis longus
Extensor carpi radialis brevis
Extensor carpi ulnaris

Флексорите се вентрално распоредени на подлактицата и започнуваат од медијалниот епикондил.

Екстензорите се латерално и дорзално распоредени и започнуваат од латералниот епикондил. Сите мускули на рачниот зглоб завршуваат на метакарпалните коски.

Патокинезиолошки карактеристики на карпална нестабилност

Патокинезиолошките форми на карпална нестабилност се многубројни. Независно од видот предизвикуваат дисфункции, бидејќи ја променуваат кинематиката и стабилноста на рачниот зглоб.

➤ Ротаторен колапс на рачниот зглоб

Од биомеханичка гледна точка рачниот зглоб е составен од проксимален ред на карпални коски и дистален ред коски на рачниот зглоб. Слично како несреќата при излетување на вагонот од шините, проксималната редица карпални коски се поместуваат поради компресионен притисок од двете страни. Компресивните сили може да бидат предизвикани од мускулен напор, контакт на раката со предмети или со потпорна површина. При здрав рачен зглоб, стабилноста на проксималниот ред карпални коски при притисок се обезбедува од тетивите, лигаментите и интеркарпалните зглобови.

Најчесто се предизвикува луксација на *os lunatum* и поради недостаток на мускулни инсерции за таа коска, стабилизацијата се обезбедува од пасивни структури - лигаменти и соседни коски (особено од *os scaphoideum*). *Os scaphoideum* функционира како сврзна единица на *os lunatum* кон ригидниот дистален ред коски. Затоа е важно *os scaphoideum* да биде добро стабилизирана од сопствените лигаменти на рачниот зглоб. При директен пад на дланката може да настане фрактура на *os scaphoideum* и кинење на скафоидеолунатниот лигамент. Тоа најчесто предизвикува луксација на *os lunatum*, поради загубата на механичката врска со дисталниот ред коски. Притоа, дисталната зглобна површина на *os lunatum* се ориентира дорзално (сл. II.22).



Сл. II.22 Ротаторен колапс на рачниот зглоб при повреда на *os scaphoideum*

Независно од видот на ротаторно поместување секогаш се јавува болка и дисфункција. Промените во артрокинематиката можат да предизвикаат преоптоварување на определени зони и развој на дегенеративни промени. Болниот и структурно променет рачен зглоб не може да обезбеди неопходно функционирање на раката. Ротаторниот колапс доведува и до скратување на рачниот зглоб, а оттаму и до рано предизвикување на активна слабост на флексорите на прстите.

➤ Улнарна транслација на рачниот зглоб

Дисталниот крај на радиусот е отстранет со околу 25° улнарно. Тоа создава предуслов за улнарно поместување на рачниот зглоб. При компресија, околу 42% од оптоварувањето се насочува во правец на улната. На тоа се спротивставуваат различни надворешни лигаменти, како палмарниот радиокарпален лигамент. Кинењето или ослабнувањето на лигаментите како при рвматоиден артрит, може да предизвика улнарно поместување на рачниот зглоб. Тоа значајно ја променува и кинематиката на рачниот зглоб и раката.

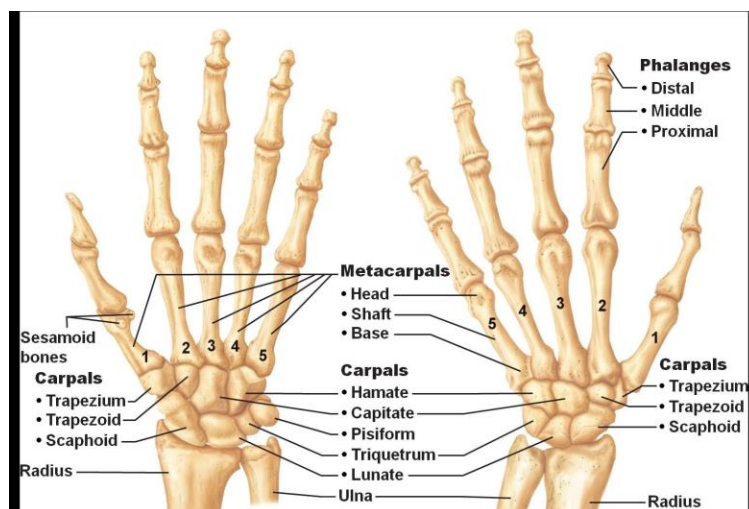
II.5.2 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА НА ДЛАНКАТА

Структура и кинезиолошко значење на дланката

Дланката го формира терминалниот и најактивен дел од кинематичкиот синџир на горниот екстремитет. Преку неа обично се остваруваат типичните фини моторни активности. Освен што претставува двигателен орган, раката е и важен сензорен орган преку кој добиваме информации од околината, како од очите, ушите итн. За остварување на фините и аналитички движења на раката се одговорни 19 коски, 19 зглобови и 29 мускули. Овие структури се синхронизирани. Поради оваа причина, остварувањето на моторната функција на дланката е регулирана од страна на кората на големиот мозок. Повредите на дланката предизвикуваат ограничување на функционалните можности на целиот горен екстремитет.

Дланката е изградена од 5 метакарпални коски и 14 фаланги. Фалангите оформуваат 5 прсти нумерирани од еден до пет: палец, показалец, среден, безимен и мал. Палецот има само две фаланги, а сите останати прсти имаат по три. Метакарпалните коски во непосредна близина на секој прст и соодветните фаланги, формираат лак т.е. раката е изградена од 5 лака.

Секој прст има по еден карпометакарпален зглоб (КМЗ) и еден метакарпофалангеален зглоб (МФЗ). Од вториот до петтиот прст формираат по два интерфалангеални зглоба (ИФЗ). Палецот формира само еден интерфалангеален зглоб. Меѓу основите на метакарпалните коски се оформуваат интерметакарпални зглобови (сл. II.23).



Сл. II.22 Структура на дланката

Кинематика на дланката

Интерметакарпални зглобови

Во интерметакарпалните зглобови се извршуваат лизгачки движења помеѓу основите на метакарпалните коски. Тоа дозволува зголемување и намалување на напречниот метакарпален свод и има големо значење за адаптирањето на дланката кон формата и големината на зафатениот предмет. Подвижноста во интерметакарпалните зглобови се зголемува од вториот кон петтиот прст.

Карпометакарпални зглобови

Карпометакарпалните зглобови (КМЗ) се распоредени во проксималниот крај на дланката и го формираат поврзувањето на метакарпалните со карпалните коски. Вториот и третиот КМЗ се ригидно поврзани со карпалните коски и ја формираат базата на дланката. Првиот, четвртиот и петтиот КМЗ ја поседуваат неопходната подвижност која им дозволува да го променат напречниот метакарпален свод и да ја адаптираат дланката кон различни површини. Тоа е основната карактеристика на човековата дланка. Дланката на приматите, на пример, тие немаат таква адаптивна способност и тие ги фаќаат предметите со прост кукест зафат.

Карпометакарпални зглобови на 2-5 прст

КМЗ се затворени во заедничка зглобна капсула и се формираат од зглобните површини во основите на метакарпалните коски и дисталните зглобни површини на коските од дисталниот карпален ред. Втората метакарпална коска контактира со os trapezoideum, третата со os capitatum, а четвртата и петата со os hamatum. Сите КМЗ на прстите се зајакнети со дорзални, палмарни и меѓукоскени лигаменти. Дорзалните лигаменти се најразвиени, особено при вториот и третиот КМЗ.

Вториот и третиот КМЗ се комплексни седловидни зглобови кои дозволуваат минимална подвижност. Подвижноста е условена од стабилизирачката улога при градењето на централниот ред на дланката. Во четвртиот и петтиот КМЗ лесно конвексните зглобни површини во основите на четвртата и петата метакарпална коска се поврзуваат со лесно конкавната дистална зглобна површина на os hamatum. Подвижноста на четвртиот и петтиот КМЗ не е голема, но има огромно значење за мобилноста на напречниот метакарпален свод. При зголемувањето на сводот, четвртата и петата метакарпална коска се флексираат и лесно ротираат кон третата метакарпална коска. Четвртата метакарпална коска се флексира до околу 10° , а помобилната пета метакарпална коска - до 20° - 25° .

Неправилната форма на зглобните површини на КМЗ на прстите не дозволува точно, стандардно определување на артрокинематиката. Логично, лесно конвексните основи на четвртата и пета метакарпална коска би требало да се лизгаат во насока, обратна на физиолошкото движење.

Карпо-метакарпалниот зглоб на палецот ги поврзува os trapezium и основата на првата метакарпална коска. Има лабава зглобна капсула и значајна подвижност и дозволува на палецот да се оддалечува од дланката во опозиција.

Лабавата зглобна капсула се зајакнува од 5 лигаменти. Повеќето од нив се оптегнуваат при екстензија, абдукција и опозиција и се важни стабилизатори на КМЗ на палецот. При ослабнување на овие лигаменти (артрит) првата метакарпална коска пројавува тенденција за латерално луксирање спрема os trapezium.

КМЗ на палецот е типично седловиден зглоб со два степени на слободно движење. Опозицијата и репозицијата на палецот се комбинирани тродимензионални движења. Кога os trapezium е флектиран, абдуциран и ротирен на внатре спрема останатите карпални коски, во неутрална позиција палецот се наоѓа перпендикуларно спрема останатите прсти. Во фронтална рамнина зглобната површина на os trapezium е конвексна а основата на метакарпалната коска е конкавна. Затоа при радијална абдукција и аддукција, таа се лизга во насока на физиолошкото движење. Во сагитална рамнина зглобната површина на os trapezium е конкавна а таа на метакарпалната коска е конвексна. Затоа при палмарна абдукција и аддукција, таа се лизга во насока обратна на физиолошкото движење.

Нормално во сагитална рамнина палецот се абдуцира до околу 45° (палмарна абдукција). При полна абдукција се појавува максимален меѓукоскен простор, кое дава можност за прифаќање на големи предмети. При движење во сагитална рамнина конвексната основа на првата метакарпална коска се лизга во насока обратна од физиолошкото движење. При полна абдукција се оптегнува mm.adductor pollicis и повеќето зглобни лигаменти.

Во фронтална рамнина палецот остварува флексија и екстензија (радијална абдукција и аддукција). Тие движења се комбинирани со мала ротација. При флексија палецот се завртува лесно на внатре, а при екстензија - лесно на надвор. Тие ротаторни поместувања се забележуваат по промената на ориентацијата на ноктите при извршувањето на движењата. Ротацијата не е прифатена како трет степен на слободно движење, бидејќи не може да биде остварена самостојно без активна мускулна контракција. При неутрална позиција палецот се наоѓа во позиција, близу до полна екстензија. Од таа позиција во КМЗ може да се оствари од 10° - 15° екстензија. Од полна екстензија палецот може да се флексира од 45° - 50° во фронтална рамнина.

При флексија и екстензија конкавната површина на првата метакарпална коска се лизга во насока на извршеното движење. При полна флексија се оптегнува радијалниот колатерален лигамент, а при полна екстензија - вентралниот кос лигамент.

Физиолошко движење Насока на движење на првата метакарпална коска

- радијална аддукција..... улнарно
- радијална абдукција..... радијално
- палмарна абдукција..... дорзално
- палмарна аддукција..... палмарно

Опозиција на палецот

Можноста на палецот да се спротивставува на дланката и останатите прсти (опозиција), се овозможува од подвижноста на карпометакарпалниот зглоб. Извршувањето на опозицијата има две фази. Во првата фаза првата метакарпална коска се абдуцира, а во втората се флектира и ротира кон внатре, насочувајќи се кон петтиот прст. *Mm. opponens pollicis* ја насочува артрокинематиката во правилна насока. Абдукцијата во првата фаза ги оптегнува лигаментите кои дозволуваат долготрајно изместување на првата метакарпална коска за време на втората фаза.

Според промената на ориентацијата на ноктот, при полна опозиција палецот се ротира околу 50°-60° на внатре. Тоа ротирање не се остварува само во КМЗ туку истото акцесорно движење го има и во метакарпалнофалангеалниот и интерфалангеалниот зглоб. *Os trapezium* исто така се ротира лесно спрема *os scaphoideum* и *os trapezium* и ја олеснува крајната фаза на опозицијата. Од спротивната страна петтиот прст исто така се ротира кон палецот олеснувајќи ја полната опозиција и контактот помеѓу пулпите на првиот и петтиот прст.

Полната опозиција е позицијата за зглобно заклучување на КМЗ, бидејќи повеќето од лигаментите се максимално оптегнати.

За време на репозицијата, која вклучува екстензија, надворешна ротација и аддукција, палецот се враќа во неутрална позиција.

Метакарпофалангеални зглобови

Метакарпофалангеалните зглобови (МФЗ) се големи елипсоидни зглобови со сврзувачки конвексни зглобни површини, а главите на метакарпалните коски и конкавните основи на проксималните фаланги. Тие на вториот и третиот прст се постабилни и претставуваат основен стабилизирачки фактор на дланката (ја формираат клучната структура и на надолжниот и метакарпалниот напречен свод).

Стабилноста на МФЗ се обезбедува од палмарен и два колатерали лигаменти. Колатералните лигаменти започнуваат од дорзалниот туберкул на главата на соодветната метакарпална коска. Тие го пресекуваат МФЗ во косо палмарен пресек и имаат два разграничени дела. Едниот е густ, здрав и се припојува дистално за проксималниот крај на основната фаланга, другиот дел е акцесорен и е оформен од вретеновидно распоредени фибри, кои дистално се припојуваат за периферијата на палмарните плочки. Колатералните лигаменти се оптегнуваат при максимална флексија и ја ограничуваат абдукторно-аддукторната подвижност во таа позиција.

Зглобната капсула има посебна формација од воларната страна, позната како палмарна (воларна) плочка. Изградена е од фиброрскавична супстанца. Дисталниот крај е густ и се припојува за палмарната површина во основата на проксималните фаланги. Проксималниот крај е потенок и флексибилен и се припојува непосредно проксимално од главите на метакарпалните коски. Воларните плочки ја зајакнуваат зглобната капсула и ја ограничуваат хиперекстензијата надвор од неутралната позиција.

Комплексната конкавна компонента на МФЗ се формира од основите на проксималните фаланги, колатералните лигаменти и дорзалната површина на воларните плочки. Овие структури цврсто ги опфаќаат главите на метакарпалните коски. Така се подобрува зглобната конгруентност и стабилизација. Воларните плочки се поврзани помеѓу себе преку три длабоко-напречни метакарпални лигаменти, кои во пракса ги поврзуваат 2-5 метакарпална коска.

Артрокинематика на МФЗ

Елипсоидната форма на зглобните површини определуваат два степени на слободно движење во МФЗ. Подвижноста во сагиталната рамнина нараснува од 2 кон

5 прст. При вториот МФЗ флексијата достигнува 90° , а при петтиот достигнува 110° - 115° . Екстензијата во МФЗ достигнува до 35° - 45° . Абдукцијата и аддукцијата при неутрална позиција достигнуваат до околу 20° . Во фронталната рамнина најголема подвижност имаат вториот и петтиот МФЗ. При флексија во прстите колатералните лигаменти се оптегнуваат и движењата во фронталната рамнина се ограничени.

При неутрална позиција, лабавата зглобна капсула и релаксираните лигаменти дозволуваат значајна аксесорна подвижност, вклучувајќи и ротација која обично се извршува пасивно. Аксесорната подвижност придонесува за подобра адаптација на прстите при држење на предмет, а оттаму и за подобра стабилност на зафатот. Ротаторната подвижност е најизразена во МФЗ на четвртиот и петтиот прст и достигнува 45° - 50° .

Главите на метакарпалните коски, по форма имаат различни зглобни површини, но во целина се конвексни. Дијаметарот на зглобните површини во сагиталната рамнина е помал од дијаметарот во фронталната. Според конвексно-конкавното правило основите на проксималните фаланги се лизгаат во насоката на физиолошкото движење.

При достигнување на 60° - 70° флексија, колатералните лигаменти се целосно оптегнати, поради ексцентричниот дијаметар на главите на метакарпалните коски. Хиперекстензијата се ограничува од оптегнувањето на палмарните плочки.

Абдукцијата и аддукцијата се можни пред да се достигне 60° - 70° флексија. По преминување на оваа граница, освен оптегнувањето на колатералните лигаменти, движењата во фронтална рамнина се блокираат и од достигнувањето на контактот со рамната палмарна зглобна површина на главите на метакарпалните коски. При движење во фронтална рамнина конкавната основа на проксималните фаланги се лизга во насока на движењето, како при флексија.

Метакарпофалангеалниот зглоб на палецот се разликува поради тоа што има две сезамоидни коски, распоредени по палмарната површина на зглобната капсула и поради минималната абдукторно-аддукторна подвижност во сагиталната рамнина што значително е помала од онаа на МФЗ на прстите – S: 5° - 0° - 60° . При физиолошките движења на прстите проксималната фаланга се лизга во истата насока. Недостатокот на подвижност на МФЗ во фронталната рамнина дава дополнителна стабилизација на палецот при извршување на зафати.

Интерфалангеални зглобови

Интерфалангеалните зглобови (ИФЗ) се по два на вториот до петтиот прст (проксимални интерфалангеални зглобови (ПИЗ) и дистални интерфалангеални зглобови (ДИЗ)). Палецот има само еден ИФЗ.

Дисталната зглобна површина им е конкавна, а проксималната - конвексна. Конвексната проксимална зглобна површина има две кондилоидни испакнатини кои се разделени помеѓу себе. Соодветно конкавната дистална зглобна површина има две вдлабнатини, разделени со централен гребен. Коскената конфигурација дозволува движења во сагиталната рамнина и ја ограничува медио-латералната и ротаторната подвижност.

Зглобната капсула на ИФЗ се зајакнува од колатералните лигаменти. Врската помеѓу колатералните лигаменти и воларните плочки формираат претпазлива подлога за главите на проксималните фаланги. Во ПИЗ палмарните лигаменти ја зајакнуваат воларната страна на зглобната капсула и го подобруваат припојувањето на воларните плочки со средните фаланги.

Флексијата во ПИЗ достигнува 100° - 120° , а во ДИЗ флексијата е помала и достигнува 70° - 90° . Во ПИЗ понекогаш е можна мала хиперекстензија. Флексијата во четвртиот и петтиот прст е комбинирана со лесна внатрешна ротација која дозволува на пулпите да се ориентираат кон палецот во опозиција. Артрокинематиката на ПИЗ и ДИЗ е идентична - конкавната основа на дистално распространетата фаланга се лизга во насоката на физиолошкото движење.

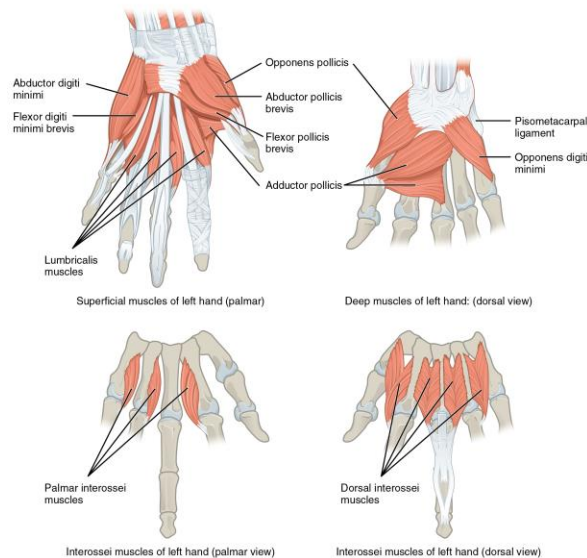
За разлика од МФЗ, колатералните лигаменти на ИФЗ остануваат константно оптегнати во текот на движењето, поради поекцентричната форма на главите на фалангите.

Структурата и функцијата на ИФЗ на палецот е подобра од онаа на вториот до петтиот прст. Активната флексија достигнува 70° а при некои лица хиперекстензијата достигнува 20° .

Мускулна функција во областа на дланката

Топографско и функционално, мускулите на дланката можат да бидат поделени на *долги* (надворешни) и *кратки* (сопствени).

Долгите мускули на дланката започнуваат од подлактицата и завршуваат кај прстите. Дејствуваат и во рачниот зглоб и во прстите на раката. Функционално можат да бидат поделени на флексори на прстите, екстензори на прстите и долги мускули на палецот. Флексорите на прстите се два: *mm.flexor digitorum profundus* и *mm.flexor digitorum superficialis* (сл. II.23).



Сл. II.23 Мускули на дланката

Мускулен синергизам при флексија во прстите

Долгите флексори на прстите се многузглобни мускули и нивното изолирано дејство би предизвикало флексија не само во зглобовите на прстите, туку и во рачниот зглоб. Тоа би предизвикало паѓање во активна слабост и намалување на силата на дејствување во ИФЗ на прстите. За да се насочи нивното дејство во ПИЗ и ДИЗ, работат во синергизам со екстензорите на прстите и рачниот зглоб. Пример, кога *mm.flexor digitorum superficialis* треба да го преклопи ПИЗ, уште на почетокот на неговата контракција треба да се активира *mm.extensor digitorum communis*, за да ја неутрализира флексијата во МФЗ и рачниот зглоб. Моментот на сила, развиен од *mm.flexor digitorum superficialis* е поголема во проксималните зглобови, колку поголема сила се употребува при флексијата, толку е поголема побарувачката на неутрализирачкото дејство. Затоа неопходно се активираат екстензорите на рачниот зглоб како проксимални стабилизатори.

Долгите екстензори на прстите се три на број: *extensor digitorum communis*, *extensor indicis proprium* и *extensor digiti minimi*.

Мускулен синергизам при екстензија во прстите

Мал крај од тетивата на *mm.extensor digitorum* се припојува за дорзалната површина на основната фаланга на соодветниот прст. Останатиот дел од тетивата се сплеснува и формира централен сноп, што претставува основа на екстензорниот механизам. Централниот сноп продолжува дистално и се припојува за основата на дорзалната површина на средната фаланга. Поради пресекот на ПИЗ, од централниот сноп се одделуваат два латерални снопови кои дистално се поврзуваат во терминалната тетива, која се припојува за дорзалната површина на дисталната фаланга. Многубројните инсерции на екстензорниот механизам за сите фаланги дозволува на *mm.extensor digitorum communis* да ја предава силата во целиот прст.

Присуството на екстензорниот механизам го определува изолираното дејство на mm.extensor digitorum во МФЗ. Екстензијата во ПИС и ДИЗ е целосна само ако се интактни кратките мускули на дланката - interosei и lumbricali.

Долгите мускули на палецот се *flexor pollicis longus*, *abductor pollicis longus*, *extensor pollicis longus* и *extensor pollicis brevis*.

При максимална екстензија на палецот, дисталните 'рскивици на овие мускули се исцртуваат по радијалната страна на рачниот зглоб, формирајќи вдлабнатина наречена анатомска табакера. Нејзиниот латерален раб се исцртува од 'рскивицата на mm.abductor pollicis longus и mm.extensor pollicis brevis, а медијалниот раб од рскивицата на mm.extensor pollicis longus.

Сите овие мускули претставуваат радијални девијации на рачниот зглоб. Затоа при екстензија на палецот треба да се вклучи неутрализатор на тоа дејство-mm.flexor carpi ulnaris.

Сопствени (кратки) мускули на дланката

Дланката има 20 кратки мускули. Нивните проксимални инсерции се наоѓаат во областа на рачните коски или дистално од нив. Мускулите ги извршуваат фините контролирања на движењата во прстите. Топографски се делат на три групи: мускули на тенарот, на хипотенарот и на дланката.

Мускулите на тенарот дејствуваат како двигатели на палецот и се четири на број: *adductor pollicis*, *flexor pollicis brevis*, *abductor pollicis brevis* и *opponens pollicis*.

Кратките мускули на дланката се ангажирани со некои од компонентите на опозицијата на палецот. На тој начин имаат решавачка улога во извршувањето на зафатите. Опозицијата на палецот вклучува *абдукција*, *внатрешна ротација* и *флексција*. Секој од мускулите на тенарот претставува главен двигател на барем едно од овие движења и помошен двигател при некои од другите движења.

КМЗ	Флексција Adductor pollicis Flexor pollicis brevis Flexor pollicis longus	Екстензија Extensor pollicis brevis Extensor pollicis longus Adductor pollicis longus
	Абдукција Abductor pollicis longus Abductor pollicis brevis	Аддукција Adductor pollicis Extensor pollicis longus Flexor pollicis brevis-голема глава
	Опозиција Opponens pollicis Flexor pollicis brevis Abductor pollicis brevis Flexor pollicis longus Abductor pollicis longus	Репозиција Extensor pollicis longus
МФЗ	Флексција Adductor pollicis Flexor pollicis brevis Abductor pollicis brevis Flexor pollicis longus	Екстензија Extensor pollicis brevis Extensor pollicis longus
ИФЗ	Флексција Flexor pollicis longus	Екстензија Extensor pollicis longus Abductor pollicis longus (поради инсерцијата за екстензорниот механизам)

Табела 1. Мускули двигатели на движењата во зглобовите на палецот

Мускулите на хипотенарот се три и претставуваат двигатели на петтиот прст: *mm.flexor digiti minimi*, *mm.abductor digiti minimi*, *mm.opponens digiti minimi*.

Основната функција на мускулите на хипотенарот е да го зголеми метакарпалниот напречен свод на раката и да го насочат латералниот раб на дланката кон палецот. Во одредени случаи е неопходно mm.abductor digiti minimi да го оддалечува петтиот прст за да го подобри зафатот.

Мускулите на дланката се наоѓаат во областа на дланката помеѓу тенарот и хипотенарот. Постојат две групи: *mm.interossei* и *mm.lumbricales*.

Mm.interossei топографски се разделува на две групи: четири дорзални и три палмарни. Освен абдукторно-аддукторното дејство, *mm.interossei* врши важна динамичка стабилизација на МФЗ. Секој пар на *interossei* кој се наоѓа радијално и улнарно од МФЗ, имаат улога на динамички колатерални лигаменти. Линијата на теглење на *mm.interossei* поминува палмарно од МФЗ и дорзално од ИФЗ. На тој начин се извршуваат флексијата во МФЗ и екстензијата во ИФЗ. Флексорниот момент на *interossei* во МФЗ е поголем од оној на *lumbricali*.

Mm.lumbricales се четири. Тие се наоѓаат длабоко и се припојуваат само за 'рскавични структури. Проксимално започнуваат од 'рскавицата на *mm.digitorum profundus*, обиколени од соодветен радијално МФЗ и заплетувајќи се во косите фибри на дорзалната „качулка“ се припојуваат за екстензорниот механизам. Тоа дозволува на лумбрикалите да дејствуваат како флексори во МФЗ и екстензори во ИФЗ на вториот до петтиот прст.

Кинетика на ширењето на дланката

Дланката најчесто се шири при подготовка за извршување на зафат. Палецот се шири преку координирано взаемно дејство на сите негови зглобови, а останатите прсти преку екстензија во МФЗ и ИФЗ. При ширењето на прстите обично не се совладува надворешниот отпор, а внатрешниот отпор, генерирано од пасивната тензија на флексорите, основно од *mm.flexor digitorum profundus*. Таа пасивна тензија ја задржува дланката во лесна флектирана позиција при релаксирачка состојба.

Најактивните екстензори на прстите се *mm.lumbricales* и *mm.interossei*, така што кај првите се јавува поголема ЕМГ - активност. *Mm.extensor digitorum* го оптегнува екстензорниот механизам и ги насочува МФЗ на екстензија. Во исто време кратките мускули (*mm.interossei* и *mm.lumbricali*) извршуваат директен и индиректен ефект преку екстензорниот механизам за екстензија на ИФЗ. Директниот ефект произлегува од екстензорниот механизам преку косите фибри на дорзалните капи. Индиректниот ефект произлегува од флексивното дејство на МФЗ. Така кратките мускули не дозволуваат хиперекстензија во МФЗ и дејството на *mm.extensor digitorum* се пренесува дистално по екстензорниот механизам. Ако недостасува отпор, контракцијата на *mm.extensor digitorum* ќе се искористи за хипертензија во МФЗ и во ИФЗ нема да има доволно оптегнување. Така антагонистичкото дејство на кратките мускули и *mm.extensor digitorum* во МФЗ им дозволува да дејствуваат како агонисти во ИФЗ. Затоа при лезија на *p. ulnaris* и оштетените кратки мускули, прстите се хиперекстензираат во МФЗ, но ИФЗ остануваат во лесна флексија.

Екстензијата на прстите, нормално се спроведува од активноста на флексорите на рачниот зглоб, со што треба да го неутрализираат екстензионото оптегнување на *mm.extensor digitorum* во рачните зглобови. При полна екстензија на прстите, особено ако се извршува брзо, рачниот зглоб преминува во лесна флексија. Тоа овозможува да се задржи оптимална должина на *mm.extensor digitorum* и тој да не пропадне во активна инсуфициенција.

Косите ретинакуларни лигаменти ја координираат екстензијата во ПИЗ и ДИЗ. Тие започнуваат од фиброзните обвивки по палмарната површина, непосредно проксимално од ПИЗ и се движат косо дорзално кон латералните снопови на екстензорниот механизам. Кога кратките мускули на дланката и *mm.extensor digitorum* ги екстензираат ПИЗ, тие ги оптегнуваат и ретинакуларните лигаменти кои преминуваат палмарно. Тие лигаменти се оптегнуваат дистално, екстензирајќи ги ДИЗ, бидејќи преминуваат дорзално од нив.

Кинетика на собирањето на прстите

Мускулното дејство при собирање на прстите се определува во зависност од тоа кои зглобови ќе се свиткаат и каков напор се вложува. При извршувањето на силен зафат се активираат *mm.flexor digitorum profundus*, *mm.flexor digitorum superficialis* и *mm.interossei*. Напорот на *mm.flexor digitorum profundus* и *mm.flexor digitorum superficialis* се синхронизира за флексија во трите зглобови на прстите.

При силен зафат, mm.interossei покажува значајна ЕМГ-активност. Може да предизвикаат значаен флексионен момент во МФЗ. За разлика од него mm.lumbricales не покажува речиси никаква активност при флексија на прстите. Причина за тоа е што тие мускули при флексија на прстите се растегнуваат, затоа што проксималното припојно место (mm.flexor digitorum profundus) се истегнува проксимално, а дисталното (екстензорниот механизам) се поместува дистално. Тоа оптегнување генерира пасивно флексивно оптегнување во МФЗ. Така во пракса mm.lumbricales, макар и пасивно, ја потпомагаат флексијата во прстите.

Нормалната координација на флексијата во прстите е таа да започне од ПИЗ и ДИЗ, проследена непосредно од флексија во МФЗ.

За разлика од силните зафати, при зафати без отпор, собирањето на прстите се извршува само од mm.flexor digitorum profundus, кој дејствува и во трите зглобови. Mm.flexor digitorum superficialis се вклучува основно при вложување на сила во зафатот или кога се бара изолирана флексија во ПИЗ.

Mm.extensor digitorum communis покажува активност за време на целата флексија на прстите. Тој дејствува како сопствена „сопирачка“ на флексорите, управувајќи со брзината на движењето. Освен тоа го ограничува флексорното дејство на МФЗ и го насочува кон ПИЗ и ДИЗ. Без неговата активност, флексорите го насочуваат своето дејство во МФЗ и не можат да се свиткаат ефективно ИФЗ т.е. тој дејствува како проксимален стабилизатор во МФЗ за извршување на флексија во ИФС.

Силниот тупаничен зафат бара екстензија во рачниот зглоб, како што екстензијата на прстите бара флексија во рачниот зглоб. Целта е зачувување на флексорите од паѓање во активна инсуфициенција. Затоа при парализа на екстензорите на рачниот зглоб се губи силата на зафатот.

Патокинезиолошки промени во областа на дланката

Дланката претставува сегментарен кинезиолошки комплекс. Одделните сегменти имаат различно значење за различни дејности, кои дланката ги извршува во секојдневието. Затоа патокинезиолошките промени се силно варијабилни и зависат од тоа кои сегменти и во каков степен се засегнати. Функционалниот дефицит варира од лесен дискомфорт при некои движења до полна функционална непријатност. Најголемо значење за функцијата на дланката има палецот. Неговите функционални и структурни промени се одразуваат најнеблагопријатно во текот на целата функција.

Патокинезиологишките промени во областа на дланката најчесто се проследени од *акутни повреди* (фрактури, руптури, нервни лезии) или *хронични заболувања* (ревматоиден артрит, остеоартроза).

Имобилизацијата на дланката е еден од основните патолошки фактори за развој на двигателен дефицит. Предизвикува адаптивно скратување и контрактури во зглобните структури и мускулите, сраснување во тетивните обвивки и во околните структури.

Патокинезиолошки промени при дегенеративни заболувања и трауми во областа на дланката

Независно од видот на повредата или заболувањето, во акутен период на асептична воспалителна реакција има оток и ограничена и болна подвижност во зглобовите.

При хронични состојби зглобовите се вкочанети, аксесорната и физиолошката подвижност се ограничени. Се јавуваат тетивни сраснувања, мускулна слабост и хипотрофија. Мускулите ја губат растегливоста и еластичноста. Тоа води до намалување на силата на зафатите, ја намалува мускулната издржливост, се развива дискоординација и мускулен дисбаланс.

За да се избегне кинењето на колатералните лигаменти во МФЗ и на долгите екстензори, при имобилизација, дланката обично се поставува во карактеристична позиција на имобилизација.

При акутни состојби, сите движења во дланката се болни и пречат во секојдневните дејности како облекување, хранење, чешпање, шминкање, тоалета, рачно пишување или пишување на тастатура.

Најважен за функцијата на палецот е неговиот КМЗ, којшто е најподвижниот зглоб во областа на дланката. Системското преоптоварување на КМЗ на палецот предизвикува болен синдром наречен „базиларен“ артрит. Состојбата претежно се јавува кај жени на 50-60 годишна возраст и води до значителни дисфункции поради болната и ограничена подвижност на палецот.

Некои патолошки состојби, како постинсултната хемипареза или квадриплегија, често предизвикуваат трајни деформации во областа на дланката. Развојот на тие деформации обично е неизбежно, независно од квалитетот и продолжителноста на лекувањето. Затоа често се налага имобилизирање на дланката во позиција да и дозволи запазување на максимален функционален потенцијал. Тоа се нарекува „функционална позиција“. Рачниот зглоб е во 20°-30° екстензија, МФЗ се во околу 45° флексија а ПИЗ и ДИЗ во околу 15 ° флексија. Таа позиција се карактеризира со лесна куповидна форма на дланката и екстензиран рачен зглоб, што обезбедува оптимална должина на дејство на флексорите на прстите.

Патокинезиолошки промени при нервни повреди во областа на дланката

При парализа на флексорите на прстите, функцијата на дланката за зафат може да се зачува, ако се употребува пасивната тензија при движењата на рачниот зглоб. При трауматични повреди на рбетниот мозок на ниво С6 се развива квадриплегија, при која флексорите и екстензорите на прстите се парализирани, но екстензорите на рачниот зглоб се со зачувана функција. Бидејќи при екстензија на рачниот зглоб тетивите на флексорите предизвикуваат пасивна флексија на прстите, овој феномен се употребува во физиотерапевтската пракса за да може болниот да фаќа и крева лесни предмети.

При повреда на *n.medianus* се влошуваат фините зафати и опозицијата на палецот. Инаку кај палецот е зачувана околу 30% од максималната сила при абдукција поради зачуваната функција на *mm.abductor pollicis longus*, инервиран од *n.radialis*. При повреда на *n.medianus* се нарушува целата способност за двигателна контрола во првите три прста. Дисфункцијата се задлабочува од фактот, дека тој нерв ја осигурува сетивноста на поголемиот дел од дланката. При такви состојби не може да се изврши допирањето со врвовите помеѓу пулпите на палецот и вториот и/или третиот прст. Наместо тоа, болниот го прифаќа предметот помеѓу страничните површини на палецот и показалецот.

Mm.abductor pollicis brevis дистално се припојува за дорзалниот механизам на палецот, поради што има потенцијал за извршување на екстензија во ИФЗ. Овој субституиран механизам се исполнува при повреда на *n.radialis* и парализа на *mm.extensor pollicis longus*. Треба да се има предвид при клиничко набљудување на парези на *n.radialis*.

Лезиите на *n.ulnaris* предизвикуваат парализа на повеќето кратки мускули на дланката, со што значително се намалува силата за зафатот. При зафатот во тупаница се нарушува координацијата на флексијата на прстите. Нормално, особено во првите три прста, прво се флектираат ПИЗ и ДИЗ, непосредно проследени од МФЗ. При парализа на кратките мускули се намалува флексијата на МФЗ, со што се влошува квалитетот на зафатот. Повредата на *n.ulnaris* предизвикува парализа и атрофија на хипотенарните мускули. Тоа пред се ги влошува силовите зафати, бидејќи улнарната страна на дланката не може да биде притисната силно кон стабилниот сегмент (втора и трета метакарпална коска) и палецот.

Освен тоа парализата на *mm.adductor pollicis* го отежнува извршувањето на зафатот во тупаница помеѓу палецот и показалецот. Карактеристична е вдлабнатината на просторот помеѓу палецот и показалецот, поради атрофијата на мускулот. Се развива субституција од *mm.flexor pollicis longus*, којшто е инервиран од *n.medianus*. Таа субституција е позната од карактеристичната флексија во ИФЗ на палецот (*симптом на Froment*). При нормален зафат во тупаница, ИФЗ е максимално екстензиран. Зафатот во тупаница е слаб бидејќи парализираниот дорзален *mm.interossei* не може да ја оствари неопходната проксимална стабилизација.

При лезија на *n.ulnaris* се нарушува екстензорниот синергизам помеѓу *mm.extensor digitorum communis* и кратките мускули на дланката. Без отпор од

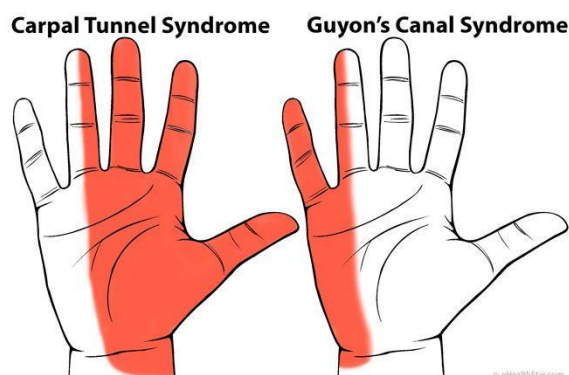
mm.lumbricales и mm.interossei во четвртиот и петтиот прст, дејството на mm.extensor digitorum communis предизвикува карактеристична деформација од типот на „полуграблива рака“. МФЗ се во хиперекстензија, а ИФЗ се лесно флектирани. Таа позиција уште се нарекува „кратки мускули“. Без неутрализирано флексивно дејство на кратките мускули во МФЗ, mm.extensor digitorum communis предизвикува хиперекстензија во МФЗ. Поради тоа остануваат лесно флексирани. Флексионната позиција на ИФЗ се должи на пасивното оптегнување на mm.flexor digitorum profundus во МФЗ, со што компензаторно го привлекува ИФЗ на флексија. Ако при ваков болен МФЗ се задржуваат пасивно во флексија, mm.extensor digitorum communis ќе ги екстензира ИФЗ во полн обем, така што нема да паѓа во активна исуфициенција, а од друга страна, mm.flexor digitorum profundus се релаксира и не привлекува ИФЗ кон флексија.

Патокинезиолошки промени при синдром на карпалниот канал

Синдромот на карпалниот канал се должи на компресија на n.medianus во таа област и не се карактеризира со невролошка симптоматологија по целиот нерв. Преку карпалниот канал заедно со n.medianus поминуваат деветте тетиви на долгите флексори на прстите. Тие тетиви се обвиткани во две одделни синовијални обвивки, коишто го намалуваат триењето помеѓу нив и во околните ткива. Уларно распространета синовијална обвивка ги опфаќа осумте тетиви на длабокиот и површинскиот флексор на прстите, а радијално е распространета тетивата на mm.flexor pollicis longus. Извршувањето на дејностите, бара задржување на рачниот зглоб во крајна екстензија (работа на тастатура) и може да доведе до воспаление на тетивата. Поради малиот простор во синовијалниот канал, влијанието на синовијалните обвивки предизвикува значајна компресија на n.medianus (сл. II.24).

Најчестите симптоми при синдромот на карпалниот канал се болки и/или парестезии во зоната на инервација на n.medianus. При хронична состојба се развива слабост и хипотрофија на тенарната мускулатура, а при потешките случаи симптомите се распространуваат проксимално по подлактицата. При развиен синдром, состојбата се влошува од активности кај кои се бара екстензија на рачниот зглоб (пр. зафатот во тупаница) затоа што карпалниот канал дополнително се стеснува.

Обично причините за појава на синдромот на карпалниот канал се фрактурите на Colles, луксациите на os lunatum, паратендинитите на флексорните тетиви, развивање на ганглион, синовити, ревматоиден артрит. Околу 20% од жените во периодот на бременост се жалат од притискање на n.medianus, поради општата задржаност на течности и оток во областа на карапалниот канал.



Сл. II.24 Синдром на карпалниот канал и синдром на каналот на Guyon

Патокинезиолошки промени при синдром на каналот на Guyon

Симптоматологијата се должи на оток од ранување или дразнење на n.ulnaris во каналот помеѓу os pisiforme и os hamatum. Причините најчесто се трауматични или се поврзани со продолжителна компресија на областа - употреба на патерици, пишување, поддршка преку екстензиран рачен зглоб како при велосипедизам, репетитивно фаќање на предмети со учество на четвртиот и петтиот прст како при плетење и др (сл. II.24).

Компресијата на *p. ulnaris* во каналот на Guyon предизвикува сензорно нарушување само на петтиот и обично на половина од четвртиот прст, бидејќи гранчињата, кои ја инервираат дланката се одделуваат пред навлегувањето на нервот во каналот. Се засегаат моторната функција на хипотенарната мускулатура, интересите и улнарните лумбрикали, како и *mm. adductor pollicis*.

Патокинезиолошки промени при ревматоиден артрит (РА)

Еден од основните структурни последици од ревматоидниот артрит е хроничниот синовит. Со текот на времето се појавува механичко ослабнување на сврзоткивните зглобни структури. Така тие не можат да влијаат на силните натоварувања од мускулното дејство и околната средина и тоа води до зглобни повреди, вклучувајќи дисфункции, нестабилност и деформации.

➤ Цик-цаковидна деформација на палецот

Оваа деформација често ги придружува напредните стадиуми на ревматоиден артрит. Се карактеризира со флексија и аддукција во КМЗ, хиперекстензија во МФЗ и флексија во ИФЗ. Во почетокот на патокинезиолошкиот механизам се развива нестабилност во КМЗ. Лигаментите осигурувајќи ја медијалната стабилизација, ослабуваат и се кинат. Тоа предизвикува латерална луксација на основата на првата метакарпална коска спрема *os trapezium*. После тоа *mm. adductor pollicis* и *mm. extensor pollicis brevis*, кои се хипертонични, ја фиксираат првата метакарпална коска на дланката. Во текот на заболувањето тие мускули можат за фиброзираат и да развијат трајно кинење, фиксирајќи ја деформацијата во КМЗ. Обидот за оддалечување на палецот од дланката постепено води до развој на хиперекстензија во МФЗ, бидејќи ослабнатата палмарна плоча не може да се спротивстави на теглењето на *mm. extensor pollicis longus* и *brevis*. Хиперекстензијата од своја страна предизвикува лаков ефект во мускулите, тетивата им се оддалечува од МФЗ, тоа го зголемува дејството и ја задлабочува деформацијата. Во исто време ИФЗ се флектира поради пасивна тензија, која се генерира од *mm. flexor pollicis longus*.

➤ Деформација на МФС на 2-ри и 5-ти прст

Карактеристично за напредните стадиуми на РА е и деформацијата на МФЗ. Обично изместувањето е кон флексија и улнарна девијација.

- **Флексорна деформација** - При флексија на прстите тетивата на површинскиот и длабок флексор се јавува палмарно насочена тензионна сила на воларните плочи и зглобната капсула во МФЗ т.е. генерираат лаков ефект. Колку поголема е флексијата, толку поизразен е лаковиот ефект. Нормално на лаковиот ефект се спротивставуваат палмарните плочки, капсулата и колатералните лигаменти, така што тензијата се предава до дорзалниот туберкул на главата на МФЗ. При РА колатералните лигаменти можат да не издржат и да се раскинат. Тоа со текот на времето ќе доведе до палмарно луксирање на основната фаланга и до перманентна флексорна деформација.
- **Улнарна деформација** - се состои од улнарна девијација и улнарно поместување на основната фаланга. Причини за развој на деформациите се неколку анатомско-кинезиолошки фактори: дејството на гравитацијата, асиметричноста на МФЗ и линијата на теглење на долгите екстензори на прстите. Еден од основните фактори е улнарно насоченото зајакнување на палецот врз останатите прсти при извршувањето на зафатите. Контактната сила на палецот е насочена кон улнарно изместување на показалецот. Тоа предизвикува улнарно изместување на тетивата на *mm. extensor digitorum communis*, што при контракција започнува да генерира лаков ефект во улнарна насока. При нормална дланка на тој ефект се спротивставуваат напречните фибри на дорзалната капа, коишто ја задржуваат тетивата централно по дорзалната површина на показалецот.

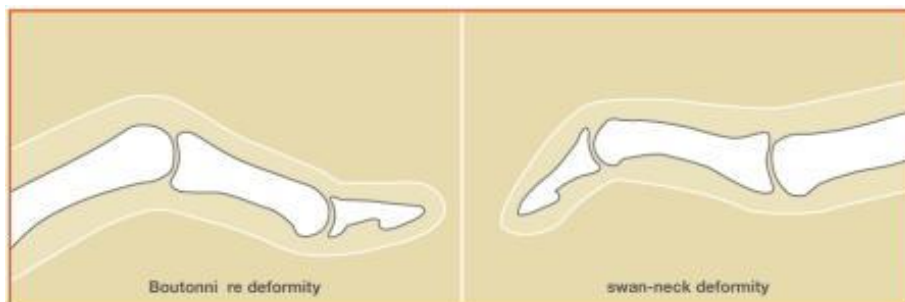
При РА руптурата на напречните фибри предизвикува улнарно "лизгање" на тетивата и *m. extensor digitorum communis* започнува да предизвикува дополнителна улнарна деформација при својата контракција. Така се затвара лошиот круг на се подлабоката улнарна деформација.

Со текот на времето се предизвикува кинење и руптура на радијалните колатерални лигаменти, поради кои проксималните фаланги ротираат и се изместуваат улнарно, предизвикувајќи полна зглобна луксација.

➤ *Циг-цаковидна деформации на прстите*

Во областа на прстите при РА се развиваат две типични деформации - буткач и лебедов врат. Основна причина за хроничниот синовит и ослабувањето на сврзното ткиво во областа на ПИЗ. Деформациите на прстите се развиваат паралелно со деформациите во МФЗ (сл. II.25).

- *Деформација во типот на „буткач“* се карактеризира со флексија во ПИЗ и хиперекстензија во ДИЗ. Основната причина за развој на оваа деформација е поместувањето на сноповите на екстензорниот механизам, обично како последица на хроничниот синовитис на ПИЗ. Централниот сноп се раскинува и латералните снопови се лизгаат палмарно од оската на движење во ПМЗ. На тој начин оптегнувањето на екстензорниот механизам, независно дали по активен или пасивен пат, предизвикува флексија наместо екстензија во ПИЗ. Во ДИЗ оптегнатите латерални лигаменти и раскинатите коси ретинакуларни лигаменти предизвикуваат хиперекстензија.
- *Деформација од типот „лебедов врат“* се карактеризира со хиперекстензија во ПИЗ и флексија во ДИЗ т.е. обратно на деформацијата од типот „буткач“. При РА кратките мускули на дланката често развиваат контракури и фиброза. Ослабените палмарни плочки во ПИЗ можат да се раскинат и кратките мускули предизвикуваат хипертензија во ПИЗ. Поради таа хиперекстензија латералните лигаменти на екстензорниот механизам предизвикуваат дорзален „лаков ефект“, оддалечувајќи се од оската на движење во зглобовите. Тоа предизвикува зголемување на моментното рамо на дејствување и задлабочување на деформацијата. ДИЗ компензаторно се флектираат, поради оптегнувањето на *mm.flexor digitorum profundus* во областа на ПИЗ. Деформацијата од типот на „лебедов врат“ може да се појави и од трауматични лигаментарни руптури или спазам на кратките мускули.



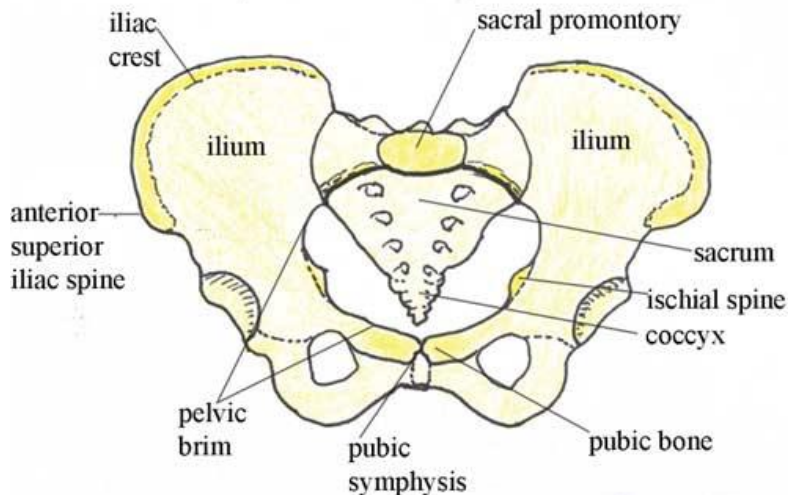
Сл. II.25 Деформација во типот на „буткач“ и „лебедов врат“

II.6 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈАНА КАРЛИЦА

Структура и функционални особености на карлицата

Карличниот појас претставува аналогна област на рамениот комплекс. Основната функција е да овозможи структурна и функционална врска помеѓу аксијалниот скелет и долниот екстремитет. Поради потпорната функција на долните екстремитети, карлицата е адаптирана кон значајни оптоварувања преку поголема стабилност и помала подвижност.

Од анатомско-кинезиолошка гледна точка може да биде поделена на две основни структури: карличен прстен и колкови (Сл. II.26).



Сл. II.26 Структура на карлица

➤ Кинематика на карлицата

Карлицата е изградена од 4 коски – сакрална, крсна и две поврзани карлични коски (кои се состојат од седална, бедрена и пубична коска). Сакралната и крсна коска се дел од аксијалниот скелетен систем, коскени структури кои ги поврзуваат долните екстремитети со 'рбетниот столб.

Карлицата е стабилна и неподвижна структура. Сакроилијачните зглобови и пубичната симфиза се единствените зглобни површини кои се поврзани во карличниот појас. Минималните движења имаат важно значење за амортизирањето на силовите оптоварувања, предавани од долните екстремитети кон 'рбетниот столб и обратно, како и при раѓањето.

Карлицата има неколку кинезиолошки функции. Основна функција е да го пренесува оптоварувањето и движењата помеѓу 'рбетниот столб и долните екстремитети. Затоа, има клучна улога за положбата и движечката функција во локомоторниот апарат при стоење, седење, одење и други локомоторни активности. Освен тоа, карлицата има заштитна функција за поставените во неа внатрешни органи и крвоносни садови. Околу се наоѓаат голем број на мускули кои се вклучуваат во дејствата на тораксот и долните екстремитети. Со ова се нагласува улогата за посредник помеѓу аксијалниот скелетен систем и долните екстремитети.

За време на движењата во долните екстремитети и тораксот, карлицата дејствува како целина и се можни движењата во сите три рамнини. Движечките сегменти на карличниот појас се сакроилијачните зглобови и пубичната симфиза.

Сакроилијачните зглобови ја формираат кинематичната врска помеѓу аксијалниот скелетен систем и долните екстремитети. Тие обезбедуваат доволно стабилност при силна ограничена подвижност. Зглобовите имаат основно значење за стабилноста на карличниот прстен, бидејќи сакрумот е клучна структура за карлицата. Заедно со пубичната симфиза, сакроилијачните зглобови овозможуваат ефективен трансфер и амортизирање на оптоварувањето од долните екстремитети на 'рбетниот столб и обратно.

Сакроилијачните зглобови претставуваат полусиновијални зглобови и полусиндесмози. Синовијалниот дел е со С-форма. Конвексната зглобна поврзаност е на бедрената коска и е насочена вентрално и каудално. Сакралната зглобна поврзаност е лесно конкавна. Големината, формата и рамнините на зглобните површини се различни кај сите индивидуи. Кај децата зглобните површини се мазни, додека кај возрасните се појавуваат испакнатини кои ја ограничуваат подвижноста, но ја зголемуваат стабилноста. Зглобните површини на илеумот се покриени со фиброрскавица, додека оние на сакрумот се покриени со хијалина 'рскавица која е три пати подебела. Со напредување на возраста зглобната капсула фиброзира и станува нееластична. Зглобните површини се деформираат, формирајќи артрозни болести. Кај сакроилијачните зглобови обично не се работи за патолошки туку за физиолошки промени на ограничување на подвижноста и зголемување на стабилноста.

Сакроилијачните зглобови се зајакнуваат од 3 главни лигаменти - вентрален, меѓукоскен и дорзален сакроилијачен. Дополнителна стабилност овозможуваат сакротубералниот и сакроспиналниот лигамент.

Кај млади лица сакроилијачните зглобови се рамномерно подвижни. Тие имаат праволиниска подвижност во сите насоки, кои се класифицираат како рамни зглобови. Со напредување на возраста, подвижноста на зглобовите прогресивно се намалува и кај возрасни индивидуи се сведува до неколку милиметри транслаторно лизгање и ротирање. Кај некои лица се развива анкилоза.

Движењата во сакроилијачните зглобови се поделени на: движења на илеумот кон сакрумот (илеосакрални движења) и движења на сакрумот кон илијачните коски (сакроилијачни движења).

Илеосакралните движења се определуваат како ротирање на илеумот напред и назад кон сакрумот.

Сакроилијачните движења се определуваат како *нутација* (придвижување на промоториумот вентрално и каудално) и *контранутација* (придвижување на промоториумот дорзално и кранијално). Овие движења предизвикуваат промени во дијаметарот на карлицата. При нутација предно-задниот дијаметар во кранијалниот дел на карлицата се намалува, а се зголемува предно-задниот дијаметар на карличното дно. При контранутација се случува обратното. Овие промени имаат големо значење при бременост и породување, кога се набљудува најголемо движење во сакроилијачните зглобови. Зголемената подвижност во овој случај се должи на хормонските нарушувања, предизвикувајќи омекнување и зголемена еластичност на лигаментарните структури.

Пубичната симфиза е 'рскавичен дел. Помеѓу поврзаните пубични коски се наоѓа фиброрскавица (интерпубичен диск).

Сакроилијачните зглобови и пубичната симфиза немаат соседни мускули за извршување на аналитични движења. Движењата во овие зглобови се извршуваат под дејство на гравитационите сили, реакцијата на потпората и под дејство на мускулите на лумбалниот 'рбет и на колкот, кои се прикрепуваат за сакрумот или карлицата.

Сакроилијачните зглобови имаат две основни функции - како амортизатори и стабилизатори. Зглобните површини на сакроилијачните зглобови се вертикални. Тоа ги прави ранливи спрема ножничното дејство на силите при оптоварување со тежината на телото. Нутацијата на сакралната коска ја зголемува компресијата во зглобовите со што се зголемува стабилноста и јачината на триење. На тој начин зглобовите се спротивставуваат ефективно на ножничниот стрес. Силите предизвикани од нутација, се појавуваат за време на 3 механизми: *дејството на гравитацијата, оптегнувањето на лигаментите и мускулна активност*.

Линијата на гравитацијата нормално поминува пред центарот на ротација во сакроилијачните зглобови, предизвикувајќи нутација. Во истото време реакцијата на потпората се предава на ацетабулумите со што се предизвикува ротирање на бедрените коски назад т.е. зголемување на нутацијата. Овој механизам на стабилизација дејствува основно при лесни оптоварувања како седење и стојење. За време на дополнителни оптоварувања се вклучуваат останатите два механизми. За време на нутацијата се оптегнуваат капсулолигаментарните структури на сакроилијачните зглобови, особено сакротубералниот и интракоскениот лигамент.

Нивното оптегнување ги зголемува компресивните сили помеѓу зглобните површини на сакроилијачните зглобови и дополнително им се подобрува стабилизацијата. При значајно поголеми натоварувања (кревање и носење на тешки товари, трчање) стабилизацијата се потпомага и од дејството на некои мускули: *mm. erector spinae*, лумбалните мултифиди, абдоминалните и ишиокруралните мускули. Тие го дополнуваат ротаторниот момент кон нутацијата во сакроилијачните зглобови.

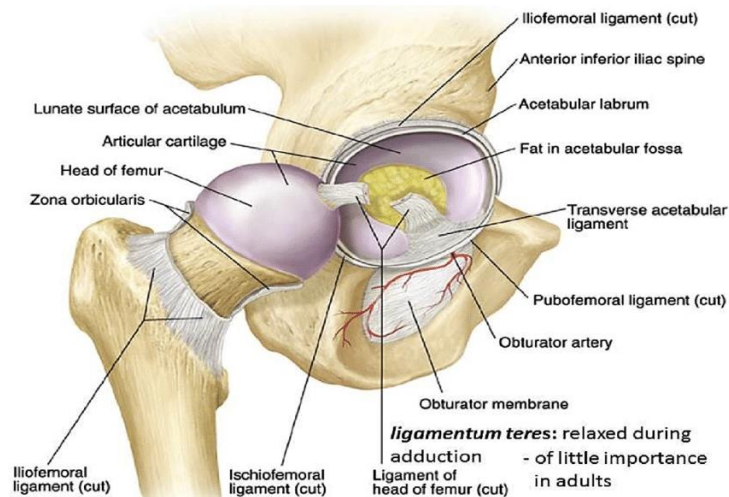
Кинематика на колк

Структура и функционално значење на колкот

Колкот е еден од најголемите делови во локомоторниот апарат на човекот. Се наоѓа во основата на кинетичката верига на долниот екстремитет и е најподвижен во него. Колковите имаат значителна подвижност во бедрото, а оттаму и голем опсег на дејствување на стапалото.

Во исто време се осигурува неопходната стабилност при стоење и одење. Движењата во зглобовите се потпомагаат и синхронизираат со движењата на карлицата (лумбо-пелвифеморален ритам).

Зглобните површини на колкот се образувани од *facies lunata* на ацетабулумот и главата на фемурот која е обложена со 'рскавица. Колкот е со кубоидна форма, со значајна конгруентност. Коскената конфигурација на фемурот и ацетабулумот ја определуваат во краен степен нормалната функција, која бара особена стабилизација, способност за спротивставување и подвижност (сл. II.27).



сл. II.27

Ацетабулумот ја формира конкавната, чашковидна зглобна површина на колкот. Во него преку синостоза се поврзуваат трите коски на колкот: *os ischii* и *os ilii* зафаќаат околу 80% од површината, а *os pubis* околу 20%. Напречниот ацетабуларен лигамент ја зголемува контактната површина на зглобната јамка.

Labrium articulare е фиброрскавичен прстен кој се прикрепува за периферијата на ацетабулумот. Каудално *lamgium articulare* сраснува со напречниот ацетабуларен лигамент.

Главата на фемурот има конвексна форма (во вид на полусфера). Целата полусфера е покриена со зглобна 'рскавица, освен *fovea capitis femoris* - вдлабнатина, која се наоѓа позади центарот на главата.

Капсуло-лигаментарен апарат на колкот

Зглобната капсула започнува од работ на ацетабулумот. Изградена е од два слоја: *лонгитудинални* и *циркулаторни фибри*.

Лонгитудиналните фибри се повеќе од венстралниот дел на капсулата, кои се наоѓаат под илеофеморалниот лигамент, како дел од неа навлегуваат навнатре. *Циркулаторните фибри* го образуваат внатрешниот слој на капсулата и оформуваат прстен околу основата на вратот на фемурот.

Зглобната капсула се зајакнува од 3 лигаменти: *lig.iliofemorale*, *lig.pubofemorale* и *lig.ischiofemorale*. Оптегнувањето на овие лигаменти и периартикуларните мускуло-тетивни структури ја ограничуваат и контролираат подвижноста на зглобната површина во сите насоки.

- **Илеофеморалниот лигамент** е најцврстата врска во одот. Проксимално започнува близу до *spina iliaca anterior inferior* и соседниот раб на ацетабулумот. Каудално се дели на медијален и латрален сноп и добива обрната Y-форма. Двата снопа се прикрепуваат за двата краја на интертрохантерната линија. Лигаментот ја ограничува екстензијата во колкот, заедно со венстралниот сид на зглобната капсула. Латералниот сноп се оптегнува и при надворешна ротација. Илеофеморалниот лигамент претставува важен стабилизатор за венстралната страна на зглобот.
- **Пубофеморалниот лигамент** започнува од пубичната коска, непосредно до венстралниот и каудалниот раб на ацетабулумот. Дистално се спојува со медијалниот сноп на илеофеморалниот лигамент. Се оптегнува при екстензија и абдукција.
- **Ишиофеморалниот лигамент** започнува од седалната коска, непосредно до каудалниот и дорзален раб на ацетабулумот. Длабоките фибри на овој лигамент се преплетуваат во циркулаторните фибри на зглобната капсула, а површинските фибри поминуваат по дорзалната површина на вратот на фемурот и се прикрепуваат близу до *trochanter major*. Овие површински фибри се оптегнуваат при внатрешна ротација и екстензија. Кранијалните фибри на лигаментот се оптегнуваат при аддукција, а каудалните фибри заедно со дорзалната зглобна капсула ја ограничуваат флексијата.

Максималната екстензија и абдукција, при лека внатрешна ротација ја оптегнуваат зглобната капсула и повеќето лигаменти. Зглобните површини имаат максимална контактна површина за околу 90° флексија.

Физиолошка подвижност во колкот

Физиолошката подвижност во колкот може да биде разгледана од два аспекта: движење на фемурот кон карлицата и обратно.

Кубоидната форма на зглобните површини и капсулолигаментарниот апарат на колкот дозволуваат 3 степени на слободно движење. Движењата во колкот се ограничуваат и контролираат од многубројните и масивни околузглобни, мускуло-тетивни структури. Најизразена е подвижноста на колкот во сагиталната рамнина, која е поврзана со извршување на локомоторните движења: одење, трчање, качување и др.

Максималната флексија од околу 120° е можна само при свиткано колено. При екстензирано колено ишиокруралната мускулатура се оптегнува и го ограничува движењето до околу 80°-90°. При флексија се релаксираат повеќето од лигаментите, но се оптегнува каудалната површина на зглобната капсула.

Екстензијата во колкот достигнува 20° при испружено колено. При свиткано колено оптегнувањето на ректус феморис ја ограничува екстензијата само до неутрална позиција. При екстензија се оптегнуваат повеќето од лигаментите (особено илеофеморалниот) и флексорите на колкот.

Абдукцијата во колкот достигнува 40°. Движењето се ограничува особено од пубофеморалниот лигамент, аддукторите и ишиокруралните мускули.

Аддукијата во колкот достигнува 25°. Движењето се ограничува особено од контактот со другиот екстремитет, како и од оптегнувањето на абдукторите, *tractus iliotibialis* и кранијалните фибри на ишиофеморалниот лигамент.

Внатрешната ротација во колкот достигнува околу 25°. Движењето се ограничува од внатрешните ротатори и дел од ишиофеморалниот лигамент.

Надворешната ротација во колкот достигнува 45° при неутрална позиција во колкот. Движењето се ограничува од оптегнувањето на *mm.tensor fascia latae*, *tractus iliotibialis* и латералниот сноп на илеофеморалниот лигамент. При флексија во колкот, активната внатрешна ротација се намалува до 30°-35°.

Кинематика на движењата на карлицата

Движењата на карлицата се извршуваат во три моторни сегменти - двете карлични коски и лумбалниот 'рбет.

Причина за движењата на карлицата во лумбалниот 'рбет е јаката врска. Ова синхронизирано движење помеѓу лумбалниот 'рбет, карлицата и бедрата во колкот се нарекува лумбо-пелви-феморален ритам или лумбопелвисен ритам. Лумбопелвисниот ритам може да биде унидирекционен (движења во една насока) или контрадирекционен (спротивни движења). На тој начин лумбопелвисниот ритам решава две основни кинезиолошки задачи:

- *да потпомогне во доближувањето на тораксот кон колкот, завршувајќи ја флексијата во колкот;*
- *да ја задржи позицијата на тораксот, како ги неутрализира промените во позицијата на карлицата.*

Движењата во карлицата се изведуваат во трите рамнини. Најчесто се ангажираат и двата колка, како и лумбалниот 'рбет преку унидирекционен или контрадирекционен лумбопелвисен ритам. Движењата можат да се изведуваат при фиксиран торакс и горни екстремитети.

Оние движења кај кои карлицата се движи во неколку сегменти во исто време - тие може да се изведат како ротаторни, така и транслаторни движења.

Ротаторните движења го променуваат наклонот во различни рамнини, додека транслаторните го променуваат во целост во пространството. При ротаторните движења лумбопелвисниот ритам може да биде унидирекционен или контрадирекционен, додека кај транслаторните движења само унидирекционен.

Ротаторни движења на карлицата

Во сагитална рамнина, при неутрална позиција, карлицата е нормално наклонета напред во инклинација. Затоа движењата во сагитална рамнина ја зголемуваат и намалуваат инклинацијата.

При зголемување на инклинацијата, карлицата се завртува напред по оската, предизвикувајќи флексија во колкот, бидејќи при движењето бедрата се доближуваат кон вентралната површина на карлицата. Зголемувањето на инклинацијата може да се компензира со екстензија во лумбалниот 'рбет (стоење, седење) или да се дополни од флексија во лумбалниот 'рбет (наклон напред).

Намалувањето на инклинацијата предизвикува екстензија во колкот. Лумбалниот 'рбет може компензаторно да се флектира или да се екстензира (при наклон на тораксот назад).

Движењата во фронтална рамнина на колкот се нарекуваат *елевација* (подигање на илиумот нагоре) и *депресија* (спуштање на илиумот надолу).

При *елевација на карлицата*, се изведува абдукција. Едната страна може да изврши компензаторна аддукција за зачувување на вертикалната позиција на бедрото или да е неподвижна, дозволувајќи на бедрото да го прати движењето на карлицата. Ако во лумбалниот 'рбет се изврши компензаторен наклон кон страната на елевацијата - тораксот ќе биде исправен. Ако ваквиот наклон не се изврши, тораксот ќе се отклони во спротивната елевациона страна.

При *депресија на карлицата*, се изведува аддукција. Едната страна може да изврши компензаторна абдукција за зачувување на вертикалната позиција на бедрото или да е неподвижна, дозволувајќи на бедрото да го прати движењето на карлицата. Ако во лумбалниот 'рбет се изврши компензаторен наклон кон страната на депресијата - тораксот ќе биде исправен. Ако ваквиот наклон не се изврши, тораксот ќе се отклони во насока на депресијата на карлицата.

Во трансверзална рамнина карлицата може да се ротира околу еден (потпорен) колк. Ротациите предизвикуваат изместување на неотпорните страни напред или назад и затоа овие движења треба да се нарекуваат ротирање напред или назад.

При ротирање напред, во потпорниот колк се извршува внатрешна ротација. Спротивниот колк може да изврши компензаторна надворешна ротација, за да ја зачува ориентацијата на бедрото. 'Рбетниот столб обично се ротира во спротивна насока за да ја зачува ориентацијата на тораксот.

При ротирање назад, движењата во колкот и 'рбетниот столб се спротивни. Во потпорниот колк се извршува надворешна ротација. Спротивниот колк може да изврши компензаторна внатрешна ротација за да ја зачува ориентацијата на бедрото. 'Рбетниот столб се ротира во спротивна насока за да ја запази ориентацијата на тораксот.

Мускулна функција во колкот

Мускулите во колкот можат да бидат поделени топографски на вентрални, дорзални, медијални и латерални. Дел од нив се многузглобни и дејствуваат и во соседните зглобови, додека другите се еднозглобни и дејствуваат само во колкот (табела 2).

Вентрални мускули:	Mm.iliopsoas Mm.rectus femoris Mm.sartorius
Медијални мускули:	Mm.pectineus Mm.adductor brevis Mm.adductor magnus Mm.gracillis
Дорзални мускули:	Mm.gluteus maximus Шестте малки внатрешни ротатори Ишиокрурални мускули Mm.semimembranosus Mm.semitendinosus Mm.biceps femoris (долгата глава)
Латерални мускули:	Mm.gluteus medius Mm.gluteus minimus Mm.tensor fasciae latae

Табела 2. Мускулна функција во колкот

Патокинезиолошки промени во колкот

Нарушената функција во колкот значајно ја влошува способноста за извршување на многу комплексни моторни активности, како одење, облекување, возење, кревање и носење на товар, качување на столб и др. Патокинезиолошките промени најчесто настануваат поради трауми или заболувања. Комплексната функција во лумвопелвифеморалната област е предуслов патолошките промени во колкот да предизвикаат дисфункции во лумбалниот 'рбет обратно. Основно значење има поставувањето на правилна физиотерапевтска програма, насочена кон профилакса и нормализирање на функцијата на колкот и ногата во целина.

Заболувањата и траумите во оваа област најчесто се среќавани, особено кај возрасните и стари лица. Кај возрасните лица може да се појави дисплазија и вродена лукација на колк, додека кај старите лица може да се појават дегенеративни заболувања. Возрасните лица често се склони на фрактури на вратот на фемурот. Кај помладите лица се типични микротраумите од хронично оптоварување и неправилно оптоварување при спортски активности.

➤ Патокинезиолошки промени при зглобни патологии во колкот

Коксартрозата е најчесто заболување на колкот. Други патолошки појави кои се јавуваат во колкот се: ревматоиден артрит (РА), асептична некроза, дисплазија, луксација, вродени деформации кои постепено предизвикуваат дегенеративни промени во зглобните структури (сл.11.28). Етиологијата на дегенеративните промени се поврзува со процесот на стареење, траума во зглобот, репетитивно оптоварување.

Основните патолошки промени претежно ја зафаќаат зглобната 'рскавица, која постепено ја губи својата способност да ги презема значајните зглобни оптоварувања. Се појавува фиброзирање на капсулата и формирање на остеофити по периферниот дел на зглобната површина. Дегенеративните промени се локализираат обично на најзагрозените места лоцирани на зглобната површина.

Основните патолошки промени кај коксартрозата се проследени со болка и ограничена подвижност, како и постепено формирање на мускулни дисфункции.

Карактеристично за коксартрозата е болката која се јавува во слабинскиот дел (на ниво L3). Болката најчесто се јавува после интензивни продолжителни физички оптоварувања - до крајот на денот па дури и наредниот ден. Болката може да биде иницирана, како од интензивни спортски активности, така и од секојдневни активности (готвење, пазарување, чистење).

Карактеристично за коксартрозата е и вкочанетоста на засегнатата страна за време на мирување - сон, продолжено седење и др.

Постепено се ограничува обемот на подвижност, најпрво внатрешната ротација. Се јавуваат потешкотии и при флексија, екстензија и абдукција. Кај некои болни се забележува значително ограничување и на надворешната ротација. Причина се секундарните контрактури и периартикуларните мускулно-тетивни ткива.

Болката при натоварување со тежината на телото постепено предизвикува појава на анталгично одење, со наклон на телото кон засегнатата страна преку отпорната фаза (одење тип Duchenne).

Флексивната позиција во колкот не дозволува полна екстензија на коленото при седење и стојење.

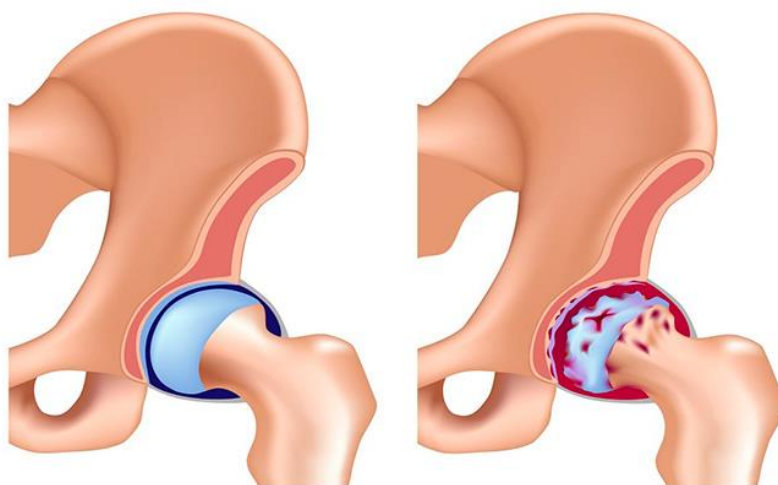
Со напредување на заболувањето се појавува мускулна хипотрофија и дисбаланс. Зглобните и мускулни дисфункции, како и промените во зглобната капсула предизвикуваат нарушување на рамнотежата и постуралната контрола.

Карактеристично при напредување на заболувањето е скратување на засегнатиот долен екстремитет. Ова скратување може да биде делумно или целосно.

Целосното скратување на засегнатиот екстремитет е поврзано со напредувањето на дегенеративните процеси (трошење на зглобната 'рскавица, деформации на зглобните површини итн.). Ова предизвикува проксимално поместување на екстремитетот и скратувањето постепено достигнува и до неколку цм.

Делумното скратување се развива при неможност на колкот да заземе неутрална позиција во фронтална рамнина. При аддукторна контрактура колкот се поместува навнатре кон другиот екстремитет и се прекрстува пред него. Доколку лицето сака да стои исправено, извршува елевација на карлицата од засегнатата страна (контрадирекционен лумбопелвисен ритам) со што се овозможува на карлицата да се постави во вертикална позиција. Елевацијата предизвикува проксимално изместување и скратување на засегнатиот екстремитет.

Со напредување на дегенеративните процеси се отежнува способноста за движење, достигнување на предмети, наведнување, станување од стол, клекнување, потешкотии во секојдневните активности: капење, утринска тоалета, облекување и др.



сл. II.28 Патокинезиолошки промени при коксартроза во колкот

➤ Патокинезиолошка карактеристика на траумите во колкот

Остеопорозата и зголемениот ризик од паѓање се чести за старите лица да развијат фрактури, особено во областа на вратот на фемурот. Во напредната возраст, особено при вртење може да се предизвика таков тип на фрактура. Најчесто при пад

доаѓа до појава на фрактура, но кај младите лица типичниот механизам на паѓање е различен. Затоа, кај младите лица најчесто се јавуваат стрес - фрактури во проксималниот дел на фемурот, како резултат на репетиротни микротауми или авулзиони фрактури на големиот трохантер, при јака контракција на флексорите и абдукторите во колкот.

Фрактурите можат на бидат *интракапсуларни* (во областа на вратот на фемурот) или *екстракапсуларни* (во трохантерната област). Акутните симптоми за фрактура во проксималниот дел на фемурот се болка во слабината или колкот при движење во зглобот или при оптоварување на екстремитетот. Засегнатиот екстремитет е скратен со неколку сантиметри и ротиран кон надвор.

Овие фрактури, во повеќето случаи се лекуваат со репозиција и внатрешна ротација, со што се постигнува значајна стабилност и се намалува ризикот за развој на аваскуларна некроза на главата на фемурот, не зараснува или забавено зараснување.

При имобилизација или оперативни интервенции, скратувањето и ригидноста на зглобните структури предизвикуваат ограничување на обемот на подвижност и секундарно засегање на околузглобните структури: миогени контрактури, мускулни дисфункции и др.

➤ **Патокинезиолошки промени при нетретирани фрактури на вратот на фемурот**

Основните патокинезиолошки промени во функцијата на колкот кај пациенти со незараснување на фрактурите на вратот на фемурот се должат на болката. Силно изразената болка доведува до вкочанетост на движењата и е основен фактор за ограничување на подвижноста на екстремитетот. Со текот на времето болката се намалува, но болниот сè уште не може да го изврши движењето во екстремитетот (замав на ногата при одење). Секој негов обид е болен и болниот чувствува нестабилност.

Со образување на ваквата псевдоартроза се јавува флексо-надворешно ротаторно-аддукторна контрактура и скратување на екстремитетот. Контрактурата има мешан карактер со крсна, зглобни и миогени компоненти. Се развива мускулна хипотрофија на засегнатиот екстремитет, најмногу на глутеланта мускулатура и *mm.quadriceps femoris*.

Со гореспоменатите елементи, покрај влошената физичка состојба на пациентите и намалениот психички тонус, сериозно се ограничуваат можностите на болните, не само за изведување на локомоторните дејности, туку и за извршување на движењата во кревет, при седење и стојење.

➤ **Патокинезиолошки промени при синдроми на преоптоварување и репетиторен микротрауматизам во колкот**

Карактеристични се *бурзитисите* и *тендинитите*.

Кај трохантерен бурзит е карактеристична болката во латералниот дел на колкот, која може да ирадира и дистално по латералната површина на фемурот до коленото. Причина е триењето на *tractus iliotibialis* над *trochanter major femoris*. Пациентите се жалат на дискомфорт при продолжено асиметрично стојење, кога засегнатиот екстремитет е во елевација и аддукција, а зглобот на незасегнатата страна е во депресија. Одењето и качувањето по скали ги влошуваат симптомите.

Кај бурзит на *mm.psoas* е карактеристична болката во слабината или по предната страна на фемурот, а можна болка е и во областа на пателата. Симптомите се влошуваат при активности кои бараат значајна флексија во колкот.

Кај ишиокрурален бурзит е карактеристична болката во областа на *tuber osis ischii*, особено при седење. Доколку од отокот се надразни и *p.ischiadicus*, се појавува соодветна периферна невролошка симптоматологија.

Тендинитите се развиваат особено при преоптоварување или траума на мускулно-тетивните структури. Најчесто страдаат флексорите, аддукторите и ишиокруралните мускули. Фактори за појава на трауми се: намалена мускулна еластичност и издржливост. Мускулните трауми најчесто се јавуваат при спортски активности и остро оптоварување, како при лизгање на мраз и слично.

Основни клинички и функционални проблеми при бурзити и тендинити во колк:

- Болка при контракција или *стречинг* на повредениот мускул или при повторување на травмираната движечка дејност.
- Патолошко наклонување при одење: лесно скратена потпорна фаза со засегнатиот екстремитет, па дури и лесно кривење поради рефлекторната контракција на повредениот мускул.
- Развој на мускулен дисбаланс.
- Намалена мускулна издржливост.
- Ограничена способност за локомоција.
- Неможност за практикување на провоцираните моторни активности.

➤ **Патокинезиолошки промени при ограничена подвижност во колкот**

Ограничената подвижност во колкот е вториот основен симптом, која се развива при трауми и заболувања во таа област. Подвижноста во колкот е неопходна за реализирање на локомоторните дејности - одење, седење, трчање, качување, влегување во тесен простор и др.

При нормално одење, во колкот се извршуваат движењата главно во сагитална рамнина - од 10° екстензија (за време на исфрлањето) до 30° флексија (среден замав и почетна потпора). Постои и отклонување (околу 8°) во фронтална и трансверзала рамнина со што се предизвикуваат соодветни абдукторно-аддукторни ротаторни движења во колкот. Ограничувањето на било кое од овие движења предизвикува нарушување во правилното одење.

Негативно влијание врз одењето има ограничената подвижност на колкот во сагиталната рамнина. Ограничувањето на екстензијата се јавува најчесто при дегенеративни промени, дисплазија на колк, скратување и контрактури на флексорите, зглобната капсула и лигаментите, парези и слабост на екстензорите, продолжено седење во инвалидска количка итн. Ограничувањето на екстензија во колкот, дури и минимално, го нарушува задниот дел на потпорната фаза, бидејќи карлицата и тораксот не можат ефикасно да се истуркаат напред спрема фиксираното стапало. При вакви случаи за да не се скрати екстремитетот, пациентот обично компензира на два начина:

- Се наклонува тораксот напред, со што се намалува потребната екстензија во колкот (бедрото оди назад, без да се оствари полна екстензија во колкот). Овој механизам ги оптоварува лумбалните екстензори, кои треба на секоја од екстремитетите да го неутрализираат флексорниот момент, предизвикан од вентралното изместување на линијата на гравитацијата.
- Се зголемува инклинацијата на карлицата, т.е. се остварува компензација преку контрадирекционен лумбо-пелвичен ритам. Зголемената инклинација на карлицата дава можност на бедрото да оди назад, без да се оствари максимална екстензија во колкот, а лумбалниот дел истовремено се екстензира за да го задржи телото исправено. Овој компензаторен механизам ги оптоварува интервертебралните зглобни површини во лумбалниот дел, бидејќи кај секоја од нозете се остварува хиперекстензија и соодветно се зголемува компресијата помеѓу фасетните зглобни површини.

И двата опишани компензаторни механизми го оптоваруваат лумбалниот дел и при хронична фаза на состојбата предизвикуваат секундарни патолошки промени и симптоми.

Кога екстензијата во колкот е значајно ограничена и бедрото не може да заземе неутрална позиција, се нарушува не само одењето, туку и стоењето.

При нормално стоење колковите се во лесна екстензија. Тоа дозволува линијата на гравитација да минува малку позади оската на движење на колкот во сагиталната рамнина, создавајќи лесен екстензорен момент. Овој момент се неутрализира од лесното зголемување на флексорите и пасивната тензија од оптегнувањето на капсуларните лигаменти. При флексивна позиција на бедрото, при стоење колковите остануваат во флексија и линијата на гравитацијата минува пред оската на движење во сагиталната рамнина, создавајќи флексионен наместо екстензионен момент. Така се активираат екстензорите (*mm.gluteus maximus*), кои

треба да го неутрализираат флексионит момент за да го задржат тораксот максимално исправен. Тоа ја зголемува потрошувачката на енергија при стоење и ги оптоварува екстензорите. Поради таа причина продолженото стоење обично се намалува и подобро е лицето повеќе да седи, кое дополнително ги задлабочува флексионите контрактури во колкот.

Флексорната позиција во колкот доведува не само до оптоварување на мускулите. Наместо зглобните површини да вршат контакт со областите кои имаат најдебел слој на зглобна рскавица, тие контактираат со области кои имаат потенок слој на зглобна рскавица, поради што се создаваат предуслов за забрзан развој на дегенеративни промени.

Ограничената флексија во колкот ретко е толку многу изразена, затоа што ќе пречи во одењето. Ако флексијата не достигнува 90° се отежнува седењето, качувањето и симнувањето, клекнувањето итн.

➤ Патокинезиолошки промени при мускулен дисбаланс

Неправилниот стереотип на движењата, предизвикан од мускулен дисбаланс може да предизвика болки во колкот, коленото и лумбалниот дел. Почетен абнормален стрес предизвикува синдром на преоптоварување, мекоткивни лезии, болка во зглобовите.

Скратувањето и хипертонусот на mm.tensor fasciae latae и/или mm.gluteus maximus предизвикува прекумерно оптегнување на tractus iliotibialis. Тоа обично ја менува положбата при стоење-се развива лордотично стоење или рамен грб.

При *лордотично стоење* и *зголемена инклинација* на карлицата се забележуваат следниве промени:

- скратен mm.tensor fasciae latae и tractus iliotibialis;
- ограничена надворешна ротација во колкот,
- намален тонус на задниот дел на mm.gluteus medius и mm.piriformis,
- зголемена внатрешна ротација во колкот за време на отпорната фаза во предниот дел, што предизвикува зголемен стрес на медијалните структури на коленото,
- развој на компензаторни механизми во кинетичката верига во долниот екстремитет, вклучувајќи внатрешно-ротаторна позиција во колкот, genu valgum, надворешна торзија на тибјата, hallux valgus, рамно стапало.

При *слободно држење* на телото се забележуваат следниве промени:

- скратен mm.rectus femoris и ишиокрурална мускулатура,
- ограничени ротаторни движена во колкот,
- слаб, хипотоничен и издолжен mm.ilioras,
- слаб и скратен заден дел на mm.gluteus medius,
- слаб и хипотрофичен mm.gluteus maximus,
- компензаторни механизми во кинетичката верига на долниот екстремитет, вклучувајќи екстензија во колкот, понекогаш и внатрешно ротирање на фемурот, genu recurvatum, genu varum, pes valgus.

При *израмнет рбетен столб* се забележува скратување на mm.rectus femoris, tractus iliotibialis и mm.gluteus maximus.

Доминантното оптоварување на tensor fasciae latae, rectus femoris и sartorius наместо mm.ilioras, предизвикува неправилна артокинетика на колкот или болка во коленото. Доминантното оптоварување на mm.tensor fasciae latae наместо mm.gluteus maximus води до појава на болка во катедралната страна на коленото. Се јавува поради прекумерното оптегнување на tractus iliotibialis или од медијалното ротирање на бедрото, кое води до појава на стрес на медијалниот дел на коленото поради зголемен аглов ефект.

Доминантното оптоварување на ишиокруралните мускули наместо mm.gluteus maximus води до скратување и ограничување на флексијата во колкот. Компензаторно, при флексија на бедрото, се намалува инклинацијата на карлицата и се издолжува лордозата во лумбалниот дел. Скратувањето на mm.gluteus maximus

води до зголемување на цврстината во tractus iliotibialis и соодветно до болка во латералниот дел на коленото. Оптоварувањето на ишиокруралните мускули предизвикува хипертонус и скратување, со што се развива мускулен дисбаланс во *mm.quadriceps femoris*, при движење во коленото. Притоа ишиокруралните мускули започнуваат да доминираат во стабилизацијата на коленото, екстензирајќи го коленото во затворена кинетичка верига. Со тоа се променува артрокинетиката на коленото и води до развој на синдром на оптоварување на ишиокруралните мускулотетивни структури или болка во предниот дел на коленото поради дисбаланс и тензијата во квадрицепсот.

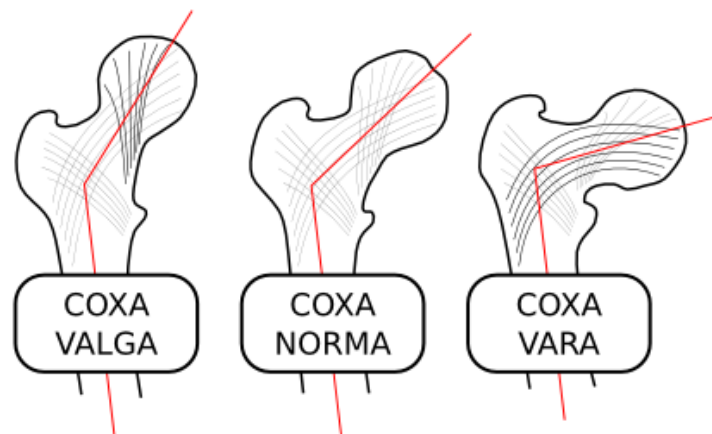
Доминантното дејство на латералните мускули на тораксот до абдукторите во колкот предизвикува компензаторно зголемена подвижност во лумбалниот предел и тоа може да доведе до преоптоварување и болка во таа област.

➤ Патокинезиолошки промени при структурни аномалии на колк

Нормалната структура и ориентација на колкот и ацетабулумот се од големо значење за оптималното распределување на силите во карличната област. Дури и при најмали структурни промени може да доведе до промени во насоката и интензитетот на дејствувачките сили. Ова води до промена на држењето на телото и е предуслов за развој на дегенеративни промени, зглобна нестабилност, зголемен ризик за појава на фрактури на вратот на фемурот итн.

Типичните аномалии во структурата на колкот се поврзани со промените во взаемната положбата помеѓу вратот и дијафизата.

Во фронталната рамнина може да биде променет вратно-дијафизарниот агол – *coxa vara* и *coxa valga* (сл.ИИ.29).



Сл.ИИ.29 Промени при *coxa vara* и *coxa valga*

- При *coxa valga* вратно-дијафизарниот агол е зголемен над нормалните 125° . По овој начин се намалува ножничниот стрес, предизвикан од преминот на линијата на гравитацијата преку колкот и оската на вратот на фемурот, која ја презема реакцијата на потпора, бидејќи овие две линии се приближуваат. Приближувањето помеѓу центарот на движење во *caput femoris* и *trochanter major* обично го намалува дејството на абдукторите во колкот и ја отежнува стабилизацијата на карлицата во фронталната рамнина, при потпора на едната нога. Се бара позначајна контракција, која предизвикува позначителна компресија помеѓу зглобните површини, а оттука се зголемува и ризикот од истегнување на зглобната рскавица. При послаби абдуктори може да покаже позитивни знаци при тестот на Тренделенбург. *Coxa valga* предизвикува издолжување на соодветниот долен екстремитет и е предуслов за развој на *genu valgum*, поради абдуцирањето на колкот и компензаторниот стремеж на долниот дел од ногата кон аддукција. *Coxa valga* предизвикува намалување на контактот помеѓу главата на фемурот во однос на ацетабулумот. Претставува и predispozicija за зглобна нестабилност и луксација.

- При соха *vara* вратно-дијафизарниот агол е помал од нормалните 125° . Ако деформацијата е лесно изразена ја зголемува стабилноста на телото, бидејќи предизвикува подлабоко проникнување на главата на фемурот во однос на ацетабулумот и оттаму се јавува поголеми услови за контакт помеѓу зглобните површини. Ако деформацијата не е предизвикана од траума или неправилно коскено сраснување, тоа води до зголемено дејство на абдукторите, а оттаму и до намалување на компресивните оптоварувања во колкот. Соха *vara* предизвикува скратување на долниот екстремитет и *genu valgum*, поради аддуцирањето на колкот на внатре и компензаторниот стремеж на долниот дел од ногата да се абдицира во коленото.

Во трансверзалната рамнина може да биде променет аголот на антеверзијата. При зголемена *антеверзија* на вратот на фемурот, аголот е над нормалните $10-15^\circ$ и се нарушува зглобната стабилност, бидејќи поголемиот дел од венстралната површина на главата на фемурот останува непроменета во однос на ацетабулумот. *Trochanter major*, кој е дистална инсерција на абдукторите, се ротира дорзално и медијално, со кое се намалува дејството и последиците се исти како кај соха *valga*. Зголемената антеверзија на вратот на фемурот може да ја промени биомеханиката и на дисталните структури од кинетичкиот синџир на нозете. Кај некои лица зголемената антеверзија предизвикува внатрешно ротирање на бедрото под дејство на мускулите на капсулолигаментарниот апарат на колкот. На тој начин преовладува нестабилноста на колкот кога главата на фемурот влегува потполно во ацетабулумот. Кинематиката на дисталниот дел на ногата се променува, бидејќи оските на движење се ротираат навнатре (стапалата и пателите се насочени кон внатре). Ја поместува флексијата и екстензијата во коленото и глуждот медијално од сагиталната рамнина.

Зголемената антеверзија на вратот на фемурот води до зголемување на внатрешната и намалување на надворешната ротација. Ако нормално надворешната и внатрешната ротација се еднакви на почетокот, при зголемена антеверзија внатрешната ротација може да биде 2-3 пати поизразена од надворешната. Лицата со зголемена антеверзија можат да седат во вид на W-начин на седење, и при стојење стапалата и нивните патели се почесто насочени кон внатре.

Ретроверзијата на вратот на фемурот е поврзана со намалување на аголот на антеверзијата под нормалните $10^\circ-15^\circ$. Има помалку негативни последици за функцијата на колкот. Обично, надворешната ротација е поизразена од внатрешната. При оваа деформација на лицата им се препорачува „турско“ седење. При стојење стапалата и пателите се насочени кон надвор. Ретроверзијата е предуслов за развој на *genu varum* и зголемен свод на стапалото.

➤ Патокинезиолошки промени при вродена луксација на колк

Вродена луксација на колкот претставува сериозно заболување доколку не се дијагностицира во првите седмици од раѓањето. Многу важно за резултатот од заболувањето е раната ултразвук дијагностика. Рендгенографијата нема дијагностичка вредност, бидејќи до десеттата седмица и нешто подоцна, главата на фемурот не е калцифицирана. Заболувањето се јавува 6-8 пати почесто кај жените. Левата страна е почесто засегната од десната и едностраната луксација е многу почеста од двостраната. Доколку заболувањето не се открие навреме предизвикува сериозни структурни и функционални промени во колкот (сл. II.30). Коскени промени се јавуваат во областа на *ацетабулумот, главата и вратот на фемурот*.

- *Ацетабулумот* е намален и стеснет во задно-горниот дел. На рендген слимка се гледа недостаток на дел од ацетабулумот. Недостатокот на дел од главата на фемурот во однос на ацетабулумот води до негово исполнување со фиброзна маса и масно ткиво.
- *Главата на фемурот* на почеток има нормална големина, но подоцна успорува со нејзината осификација. Во дорзо-медијалниот дел станува атрофична и сплесната, но обично останува поширока од ацетабулумот.
- *Вратот на фемурот* е видно скратен, со забавен раст и понекогаш антеверзијата достигнува до 90° .

Кога луксацијата е двострана, се зголемува инклинацијата на карлицата и се јавува лумбосакрална лордоза. Карличната коска е помала и атрофична. При еднострана луксација карличната коска се наклонува латерално.



Сл.И.30 Промени при вродена луксација на колк

➤ *Промени во зглобната капсула*

Капсулата наликува на песочен часовник кога во едниот дел се наоѓа главата на фемурот, а другиот го покрива ацетабулумот. Стеснувањето помеѓу двата дела на зглобната капсула се јавува поради издолжувањето на тетивата на mm.iliopectus каде што поминува под капсулата на тоа ниво. На тој начин капсулата ја носи тежината на телото при одење и тоа е причина за нејзина хипертрофија.

➤ *Промени во мускулите*

Мускулите од пелви-феморалната група (аддукторите, mm.sartorius, mm.tensor fasciae latae и mm.rectus femoris) се скратени и тоа предизвикува аддукторна позиција во колкот, со што пречи при репозиција на луксацијата.

Мускулите од пелви-трохантерната група (mm.obturatorius, mm.quadratus femoris и mm.iliopectus) се издолжени.

Функцијата на глутеалните мускули е променета поради приближувањето на главените места, поради кои стануваат инсуфициенти.

Доцните патокинезиолошки промени при вродена луксација на колкот се поврзани основно со нарушувањето во одењето. Тоа се должи на два фактори:

- скратувањето на долните екстремитети, поради проксималното изместување на главата на фемурот,
- инсуфициенцијата на глутеалната мускулатура, поради приближување на главените делови. Во крајниот резултат, при еднострана луксација на колк се забележува одење тип Duchenne-Trendelenburg т.е. се појавуваат симптомите на Duchenne (наклон на тораксот кон засегнатата страна) и на Trendelenburg (депресија на карлицата од незасегнатата страна).

При еднострана луксација се забележува и лумбална сколиоза со конкавитет кон затегнатата страна.

При двострана вродена луксација, симптомите се билатерални, вклучувајќи го и кривењето. Двостраните луксации се карактеризираат со симптомите на Duchenne и Trendelenburg со што предизвикуваат „патешко“ одење.

Во понапредна возраст се развиваат сериозни атрозни промени, како во областа на колкот, така и во лумбалниот дел, со што пациентот постојано ќе биде во креветот.

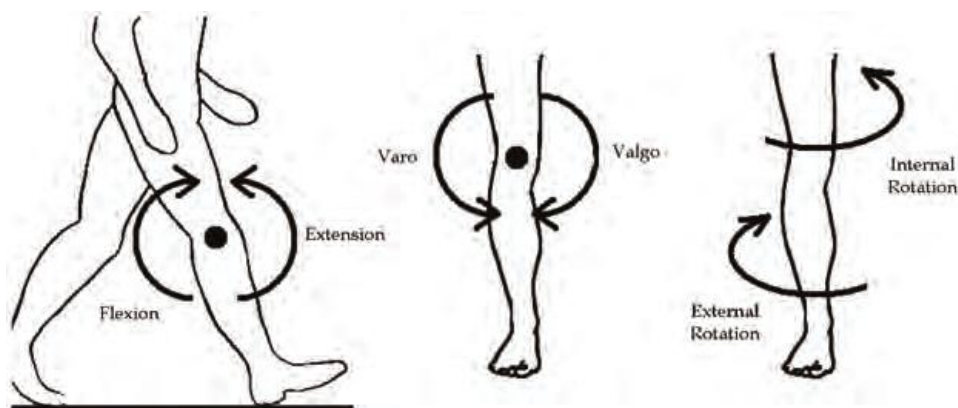
II.7 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈА НА КОЛЕНО

Анатомско-функционални карактеристики на коленото

Подвижноста на коленото овозможува оптимално скратување и издолжување на долниот екстремитет. Во отворен кинетички синџир, ова скратување и издолжување дава можност стапалото да биде поставено точно во саканата точка од просторот - на потпорната површина, стапалото итн. Релативното скратување на долниот екстремитет дозволува да се поместува напред без пречки за време на замавот при одење. Во затворен кинетички синџир, движењата во коленото преку скратувањето и издолжувањето на долните екстремитети дозволуваат да падне и да се зголеми ОЦТ. Во отворен кинетички синџир, коленото е во тесно взаемно дејство со колкот и глуждот. Тоа го објаснува збирот на двојно дејствуваачките мускули во кинетичкиот синџир на долните екстремитети.

Како средна моторна единица од кинетичкиот синџир на долните екстремитети, коленото работи во многу тешки услови. При својата функција ја носи тежината на телото и освен подвижноста треба да има одлична динамичка стабилизација за да ја задржува во различни позиции на полуфлексција – при клекнување, пад и др. Силите кои дејствуваат на коленото се од големо значење, затоа што ги сврзуваат двата најголеми лостови во одењето - натколеницата и потколеницата.

Преку динамичната стабилизација, коленото придонесува за амортизација на силовите оптоварувања од реакцијата на отпорот во долните екстремитети. Со таа цел, при отпорната фаза во одењето останува во позиција на лесна флексција, за да може да дејствува како амортизатор (сл. II.31).



Сл. II.31 Движења во коленото

Од кинезиолошка гледна точка, коленото претставува комплекс од две зглобни површини, обвиткани со зглобна капсула - *тибиофеморална* и *пателофеморална*.

Тибеофеморалниот зглоб има два степени на слободно движење. Основните движења се флексција и екстензија во сагитална рамнина. При флектирано колено се можни ротаторни движења. И двата степени на подвижност можат да се разгледаат како движења на потколеницата кон натколеница (обично во отворена кинетична верига) и како движења на натколеница кон фиксираната потколеница (затворена кинетична верига). Во фронтална рамнина коленото има мала пасивна подвижност од околу 6°-7°.

Обемот на флексцијата и екстензијата во коленото варира во зависност од полот и возраста и достигнува околу 140° флексција и 5°-10° хиперекстензија кон неутрална позиција. Оската на движење при флексција и екстензија се поместува поради големата аксесорна подвижност и ексцентричната форма на кондилите на фемурот. Поместувањето на оската на движење има биомеханичко и клиничко значење, затоа што го продолжува дејството на флексорите и екстензорите. Поради тоа, треба да се внимава при дизајнирањето на ортопедски средства и еднопортезите. На пример: употребата на латерален стабилизатор на коленото со фиксирана оска на движење во сагиталната рамнина предизвикува триење на кожата и појава на рани.

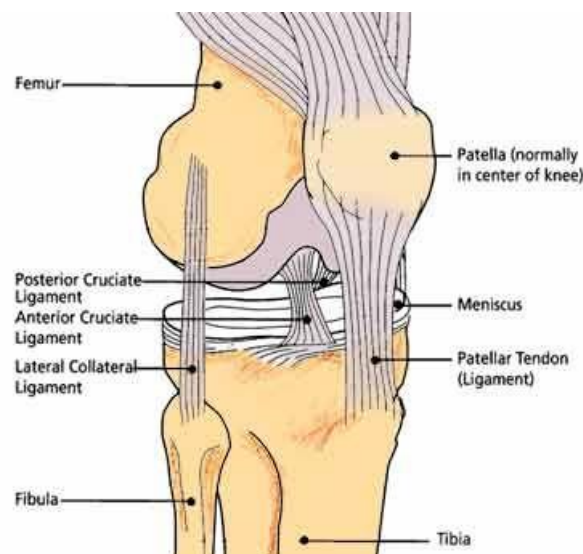
Ротаторните движења во тибеофеморалниот зглоб се остваруваат околу надолжната коска на потколеницата и затоа уште се нарекуваат аксијални ротации. Обемот на ротаторните движења расте со зголемувањето на флексијата, бидејќи на тој начин се релаксираат лигаментите и зглобната капсула. При 90° флексија ротаторната подвижност достигнува 40°-50°, кога надворешната ротација е два пати поголема од внатрешната. При полна екстензија ротаторните движења се невозможни поради оптегнувањето на капсуло-лигаментраните структури и притисокот помеѓу зглобните површини.

Ротаторните движења во коленото се многу важни за целосната кинематика на долните екстремитети. Заедно со подвижноста на глуждот, овозможуваат ротација на тибјата и добра стабилизација на стапалото, кое е многу важно при промена на насоката на движење при одење и особено при трчање.

Структурни особености на тибеофеморалниот зглоб

Тибеофеморалниот зглоб ги поврзува големите, конвексни кондили на фемурот со малите, плочести зглобни површини. Постојат медијален и латерален дел. Тибеофеморалниот зглоб претставува модифицирана зглобна површина. Зголемената зглобна површина на кондилите на фемурот овозможува голема подвижност во сагиталната рамнина која е значајна за локомоторните дејности - одење, трчање, скокање.

Тибеофеморалниот зглоб има мала конгруентност и поради тоа нема сериозна коскена стабилизација. Стабилноста се определува со капсуло-лигаментарниот апарат, менискусите и мускулно-тетивните структури (сл. II.32).



Сл. II.32 Структура на коленото

Дијафизата на фемурот е наклонета медијално поради цервико-дијафизарниот агол во проксималниот дел на фемурот. Компензаторно, медијалниот кондил се спушта подистално за да може да се израмни со нивото на латералниот кондил. На тој начин помеѓу коската на натколеница и потколеницата се образува валгусен агол од околу 170°-175°. Отклонувањата во тој агол не се честа појава. Неговото зголемување се нарекува *genu varum*, а намалувањето - *genu valgum*. Кај жените валгусниот агол во коленото нормално е поголем, поради поширокиот колк.

➤ Зглобни површини

Проксималната зглобна површина се формира од големите медијални и феморални кондили. Тие се испакнати, како во сагитална, така и во фронтална рамнина. Феморалните кондили се одвоени од интеркондиларната вдлабнатина, која по венстралната површина е поплатка и ја оформува интеркондиларната цевка. Тибеофеморалната зглобна површина на латералниот кондил е пократка, додека таа на медијалната е издолжена венстрално и се свиткува леко латерално.

Дисталната површина на тибеофеморалниот зглоб се оформува од две мали, асиметрични вдлабнатини на тибисјалното плато. Зглобната површина на медијалниот тибисјален кондил е со околу 50% поголема од онаа на латералниот кондил. Зглобната 'рскавица на медијалниот кондил е околу три пати подебела од онаа на латералниот. Двата тибисјални кондила се одделени од интеркондиларниот гребен, кој влегува во интеркондилната вдлабнатина на феморалната коска.

➤ *Менискуси*

Неусогласеноста помеѓу силно испакнатите зглобни површини на кондилите на фемурот и плитките јамки на тибисјата компензира од две фибро-рскавични полупрстени-менискуси. Тие се прикрупени за интеркондиларниот гребен на тибисјата преку вентралните и дорзалните рогови. Периферните рабови се прицврстени за тибисјата и соседната зглобна капсула преку коронарните лигаменти. Овие лигаменти се лабави и дозволуваат подвижност на меникусите, особено на латералниот кон тибисјалното плато. Дорзално меникусите се прицврстени еден за друг преку тенкиот трансверзален лигамент.

Неколку мускули имаат дополнителна инсерција за меникусите. *Mm. quadriceps femoris* и *mm. semimembranosus* имаат инсерции и за двата менискуси. Тие мускулни инсерции ја помагаат стабилизацијата на меникусите при активни движења во тибеофеморалниот зглоб.

Крвоснабдувањето на меникусите е побогато во периферните делови. За тоа се одговорни капиларите, кои преминуваат од соседната синовијална обвивка. Внатрешните слоеви на меникусите се аваскуларни. Во целост, меникусите не се инервирани, освен во областа на роговите.

Двата менискуси имаат различна форма и поврзаност кон тибисјата. Медијалниот менискус има С-форма, медијалниот раб му е прицврстен длабоко за медијалниот колатерален лигамент и соседната зглобна капсула. Латералниот менискус има кружна, О-форма и неговиот внатрешен раб е прицврстен само за зглобната капсула. Тетивата на *mm. popliteus* поминува помеѓу латералниот коларен лигамент и латералниот менискус. Латералниот менискус е прицврстен и за фемурот преку дорзалниот мениско-феморален лигамент. Тој лигамент започнува од дорзалниот рог на латералниот менискус и се прицврстува на фемурот заедно со задната крстна врска.

Основната функција на меникусите е да го намалат компресиониот стрес во тибеофеморалната 'рскавица како и да ја обезбедат стабилизацијата на зглобот при движење подмачкување на зглобната 'рскавица, намалување на триењето и контролирање на кинематиката.

Најважна е функцијата за апсорбирање на компресиониот стрес. При одење, компресивното преоптоварување во тибеофеморалната 'рскавица достигнува 2-3 пати од телесната тежина. При зголемен напор после екстензијата на коленото компресивните сили можат да достигнат и до 8-9 пати од телесната тежина. Утврдено е дека тие заземаат 40-60% од компресивното натоварување. При тотална лателарна менисцектомија (оперативно отстранување на менискус), притисокот на зглобната 'рскавица се зголемува за 230%. Тоа значајно го зголемува ризикот од дегенерација.

➤ *Капсуло-лигаментен апарат*

Зглобната капсула ги опфаќа медијалниот и латералниот оддел на тибеофеморалниот зглоб, како и пателофеморалниот зглоб. Се зајакнува значајно од распространетите околни мускули, лигаменти и фасции. Зглобната капсула има пет зони на зајакнување на зглобната капсула на коленото (табела 3).

Синовијалната мембрана на коленото е анатомски најсложно составена во целиот локомоторен апарат. Коленото има околу 14 бурзи, распространети во зоните каде има зголемено ткивно триење помеѓу лигаментните, тетивните, коскените, капсуларните и кожни структури. Некои од овие бурзи се продолжение на зглобната синовијална мембрана, додека другите се самостојни. Зголеменото триење во овие области при тешки физички оптоварувања и спорт, може да дојде до воспаление на бурзите (бурзитис). Во областа на бурзите често се јавуваат масни подлоги кои дополнително го намалуваат триењето. Најизразени масни подлоги се распространети околу супрапателарната и инфрапателарната бурза.

Област од капсулата	Сврзоткивно зајакнување	Мускулно зајакнување
Вентрална	Пателарен лигамент Пателарен ретинакулум	Quadriceps femoris
Латерална	Латерален и колатерален лигамент, латерален пателарен ретинакулум, tractus iliotibialis	Biceps femoris Тетивата на popliteus Gastrocnemius-латерална глава
Дорзална	Кос поплитеален лигамент Аркуатен поплитеален лигамент	Popliteus; gastrocnemius Ишиокрурални мускули
Дорзо-латерална	Аркуатен поплитеален лигамент, Латерален колатерален лигамент	Тетивата на popliteus
Медијална	Медијален колатерален лигамент, медијален пателарен ретинакулум	Дел од тетивата на semimembranosus; тетивата на Sartorius, gracilis и semitendinosus

Табела 3. Капсуло-лигаментен апарат на коленото

➤ Колатерални лигаменти

Медијален колатерален лигамент (МКЛ) ја покрива медијалната површина на коленото. Неколку мекоткивни структури се преплетуваат во него, главно медијалниот дел на зглобната капсула и медијалниот пателарен ретинакулум.

МКЛ се дели на вентрален и дорзален дел. Пообемниот вертикален дел е изграден од добро разграничени површински фибри со должина околу 10 см. Дистално, овие фибри се преплетуваат во медијалниот пателарен ретинакулум, пред да се прикрупат на медијалната површина во проксималниот дел на тибјата, непосредно дорзално од инсерцијата на pes anserinus. Гледано од проксимално кон дистално при одењето, вертикалниот дел на МКЛ е леко накосен вентрално.

Задниот дел на МКЛ е изграден од кратки фибри распоредени подлабоко од вентралните. Овие фибри имаат широка дистална инсерција, преплетувајќи се во дорзо-медијалниот дел на зглобната капсула, медијалниот менискус и тетивата на mm.semimembranosus. Иако претставува основен стабилизатор, МКЛ лесно се повредува при екстензирано колено, кога е применет валгусен стрес при фиксирано стапало.

Латералниот (фибуларен) колатерален лигамент (ЛКЛ) е изграден од збир на снопиња, спуштајќи се вертикално од латералниот епикондил на фемурот кон главата на фибулата. Дистално ЛКЛ се испреплетува во тетивата на mm.biceps femoris, но за разлика од МКЛ не се прицврстува за соседниот латерален менискус.

Основната функција на колатералните лигаменти е да ја ограничуваат подвижноста и да го стабилизираат коленото во фронтална рамнина. При екстензирано колено МКЛ обезбедува стабилизација при валгусен (абдукционен) стрес. ЛКЛ соодветно обезбедува стабилизација при варусен (аддукционен) стрес. Колатералните лигаменти при оваа функција се потпомогнати и од многу други мекоткивни структури.

Секундарна функција на колатералните лигаменти е да ја намалат хиперекстензијата во коленото, потпомогнати од дорзалниот дел на зглобната капсула, поплитеалните лигаменти, флексорите на коленото и предната вкрстена врска. Максималната екстензија во коленото и надворешната ротација на тибјата ги издолжуваат колатералните лигаменти со околу 20% отколку максималната флексија.

Колатералните лигаменти во одреден степен ја ограничуваат и аксијалната внатрешна и надворешна ротација на потколеницата.

Tractus iliotibialis ја покрива латералната површина на фемурот и коленото, започнувајќи од фасцијата на mm.tensor fasciae latae, mm.gluteus maximus и

mm.gluteus medius. Во областа на фемурот tractus iliotibialis се прикрепува за linea aspera, преминувајќи преку латералниот меѓумускулен септум, додека неговиот површински дел се прикрепува за tuberositas tibiae, зајакнувајќи ја вентро-латералната површина на коленото. Tractus iliotibialis има пасивна функција поради мноштвото мускули на кои се прикрепува. Тој е постојано оптегнат, како во последните 30° од екстензијата поминува пред оската на флексија и екстензија, а при флексија над 30° - поминува зад оската.

Во дисталниот дел tractus iliotibialis спушта фибри кон пателата, формирајќи илиопателарен сноп. Затоа при флексија, кога се изместува позади оската на движење tractus iliotibialis ја повлекува пателата полатерално.

➤ *Вкрстени врски*

Името на овие врски доаѓа од взаемното напречно вкрстување во интеркондилната вдлабнатина на фемурот. Вкрстените врски се внатрешно зглобни структури, покриени од синовијална обвивка. Бидејќи поголемиот дел од нив се распространети помеѓу фиброзните и синовијални обвивки на зглобната капсула, вкрстените врски се сметаат за екстрасиновијални.

Крвоснабдувањето е обезбедено од мали крвни садови, кои доаѓаат од синовијалната обвивка и околните ткива. И двата лигаменти се густе и здрави, од каде произлегува главната функција како стабилизатори на коленото. Синхронизирано, вкрстените врски ги ограничуваат сите движења во коленото.

Најголемо значење има неутрализирањето на вентро-дорзалните ножични сили, кои произлегуваат помеѓу тибијата и фемурот. Тие сили се јавуваат при одење, трчање, скокање и друго.

Вкрстените врски ја контролираат и кинематиката на тибеофемуралниот зглоб. Со самата повреда се предизвикува нестабилност во областа на коленото.

Предна вкрстена врска (ПВВ) започнува од вентралната област на eminentia intrcondylaris и се упатува косо дорзално, кранијално и латерално, прикрепувајќи се на медијалната површина на латералниот кондил на фемурот. Колагените влакна на лигаментот се усукуваат во вид на спирали (спираловидни снопови). Се разграничуваат вентро-медијален и дорзо-латерален сноп. Дорзо-латералниот сноп е клучен за ПВВ. Оптегнувањето и степенот на усукување на ПВВ се променуваат при движење во тибеофеморалниот зглоб. Иако поголемиот дел од влакната остануваат постојано оптегнати, најголема цврстина во лигаментот се развива при полна екстензија. Заедно со задниот дел на зглобната капсула, колатералните лигаменти и ишиокруралните мускули, ПВВ го стабилизира коленото при полна екстензија или при позиции слични на истата. ПВВ обезбедува отпорност на тибијата во најголем дел при вентралното изместување и затоа детално се испитува со тестот за „предна фиока“.

Задната вкрстена врска (ЗВВ) е малку погуста од ПВВ. Таа започнува од дорзалниот дел на eminentia intercondylaris и завршува во латералната површина на медијалниот кондил на фемурот. Движењето на ЗВВ е малку повертикално од она на ПВВ. ЗВВ анатомски има два вида на снопови: поголем, вентрален (вентро-латерален) сноп и помал, дорзален (дорзо-медијален). ЗВВ осигурува околу 95% од резистентноста на тибијата против дорзалното поместување и затоа рутински се испитува со тестот на „задна фиока“. Друг важен аспект на ЗВВ е стабилизирањето на фемурот против вентрално поместување при фиксирана тибија. Тоа е многу важно при активности кои вклучуваат клекнување или отскоци, кои предизвикуваат значајни ножични сили во коленото. Овие сили се преземаат главно од ПВВ и од mm.popliteus.

Кинематика на коленото

Аксесорната подвижност при флексија и екстензија во тибеофеморалниот зглоб се определува од конвексно-конкавното правило.

Кога потколеницата се движи кон фемурот, тибијалното плато се лизга во насоката на извршеното движење. Кога фемурот се движи кон фиксираната потколеница, конвексните кондили на фемурот се лизгаат во насока-обратна на извршеното движење.

При екстензија, mm.quadriceps femoris, преку дополнителната инсерција ги стабилизира менискусите и ги штити од прекумерно дорзално поместување.

Лизгањето според конвексно-конкавното правило претставува важен услов за нормалната функција на коленото. Се реализира при ефективна синхронизација на лигаментарниот апарат (особено вкрстените врски) и мускулното влечење (особено на квадрицепсот и ишиокруралните мускули). Ако тоа лизгање не се почувствува, превртувањето би довело до луксирање на зглобот.

Важен елемент од кинематиката на тибеофеморалниот зглоб е механизмот на заклучување. Претставува механизам, кој се чувствува при надворешно ротирање на тибјата преку последните 30° од екстензијата. Надворешната ротација е поразлична од внатрешното ротирање, кое е возможно при флексија на коленото. Ротацијата, поврзана со овој механизам, се појавува при флексија и екстензија во последните 30° и не може да биде остварена самостојно.

Механизмот на заклучување се осигурува од три фактори: *формата на медијалниот кондил на фемурот, пасивното оптегнување на медијалниот колатерален лигамент и латералното истегнување на mm.quadriceps femoris.*

Најважен фактор е *формата на медијалниот кондил на фемурот*, кој се отклонува за околу 30° латерално, доближувајќи се до интракондиларната цевка. Бидејќи зглобната површина на медијалниот кондил проминира вентрално повеќе од она на латералното, кај тибјата се јавува латерално отклонување во последните степени на екстензијата, со што се предизвикува и внатрешно ротирање. Овој механизам за заклучување се појавува, како при екстензија на тибјата кон фемурот, така и при екстензија на фемурот кон тибјата.

Артокинематиката на флексијата се одвива обратно од механизмот на екстензијата. Од позиција на полна екстензија, коленото прво треба да се “отлучи” така што фемурот ротира навнатре. Тоа се одвива под дејство на mm.popliteus. Овој мускул како што ја ротира навнатре тибјата кон фемурот при отворен кинетички синџир, така и го ротира кон надвор фемурот кон фиксираната тибја во затворен кинетички синџир.

Аксијалната ротација на потколеницата може да се одвива само при флектирано колено. Кинематиката на аксијалната ротација е поврзана со ротаторното лизгање. Тоа ротаторно лизгање предизвикува мала деформација на менискусите со што се притиснуваат кондилите на фемурот и тибјалното плато. Менискусите се стабилизираат од мускулните инсерции на mm.popliteus и mm.semimembranosus.

Пателофеморалниот зглоб ја поврзува пателата со меѓукондиларната цевка. Пателата е основен елемент од екстензорниот механизам и функцијата ќе биде анализирана главно при мускулното дејство.

Пателофеморалниот зглоб се стабилизира од тетивата на mm.quadriceps femoris, од конфигурацијата на зглобните површини и од пателарните ретинакулуми. При флексијата на коленото пателата лизга каудално кон кондилите на фемурот, а при екстензија се лизга кранијално. Движењето не е праволиниско, туку има сложена s-овидна траекторија, при што непрекинато се променуваат контактните површини.

При максимална флексија (135°) пателата контактира со меѓукондилната цевка во кранијалниот дел преку латералната фасетка. При постепено екстензирање на коленото контактната површина се поместува каудално. Помеѓу 60° и 90° флексија, пателата воспоставува контакт со меѓукондилната цевка, ангажирајќи околу 30% од целата дорзална површина. Малата контактна површина, со која што пателата контактира во секој момент, објаснува зошто толерира толку големи притисоци.

При полна екстензија, пателата лизга од меѓукондилната цевка и контактира со супрапателарната масна подлога. Затоа при релаксиран квадрицепс и максимална екстензија пателата има голема пасивна подвижност.

При достигнување на 20°-30° флексија пасивната подвижност се ограничува, затоа што пателата се „врзува“ во меѓукондилната цевка и се притиска во него од оптегнувањето на mm.quadriceps femoris и соседните околни ткива.

Мускулна функција во коленото

Топографски и функционално мускулите во коленото можат да бидат поделени на вентрални и дорзални.

1. *Вентрално* од тибеофеморалниот зглоб поминува само mm. quadriceps

femoris. Тој е изграден од четири глави – rectus femoris, vastus medialis, vastus lateralis и vastus intermedius. И покрај тоа што сите глави на mm.quadriceps femoris се поставени вентрално од оската на флексија-екстензија, тие претставуваат екстензори на коленото. Трите кратки глави (вастуси) генерираат околу 80% од максималната моќ на квадрицепсот, а rectus femoris-останатите 20%.

2. *Дорзалните* мускули на коленото се: semitendinosus, semimembranosus, biceps femoris, gastrocnemius, sartorius, gracilis и popliteus. Тие функционираат како флексори и аксијални ротатори (со исклучок на mm.gastrocnemius, кои немаат ротаторно дејство).

Ишиокруралните мускули (semimembranosus, semitendinosus и biceps femoris, caput longum) започнуваат од tuber ossis ischii и затоа дејствуваат како екстензори во колкот.

- Функција на екстензорниот механизам на коленото

Екстензорниот механизам на коленото се формира од mm.quadriceps femoris, пателата и lig.patellae. Преку изометрична, концентрична и ексцентрична контракција, mm.quadriceps femoris исполнува неколку важни функции во коленото.

- Преку *изометрична контракција* мускулот го стабилизира коленото.
- Преку *ексцентрична контракција* го контролира смолкнувањето на ОЦТ, како при седење и клекнување. Освен тоа дејствува и како амортизатор на вертикалните сили, на пример, при отпор во текот на одењето, трчањето итн.
- Преку *концентричното дејство*, mm.quadriceps femoris е активен екстензор во тибеофеморалниот зглоб. Во затворена кинетичка верига се постигнува кревање на ОЦТ, како при исправање од седење и клечење, при отскок итн.

Клучна функција во екстензорниот механизам на коленото има пателата. Таа вентрално ја поместува тетивата на квадрицепсот, зголемувајќи го дејството. Без пателата квадрицепсот губи околу 20% од максималниот вртежен момент поради скратеното рамо на дејство т.е. постоењето на пателата „заштедува“ околу 20% од напорите, што треба да ги генерира квадрицепсот.

При екстензија на потколеницата од седење, моментот на гравитацијата се зголемува од 90 кон 0°, додека при исправање од клечечка позиција моментот на гравитација се намалува од 90 кон 0°. Овие особини се важни пред подготовка на физиотерапевтската програма за да се возобнови функцијата на квадрицепсот.

Најважен вртежен момент квадрицепсот развива помеѓу 90° и 45° екстензија во затворен кинетички синџир (исправање од клекната положба) и помеѓу 45° и 0° екстензија во отворен кинетички синџир. Затоа кога имаме потреба да го намалиме преоптоварувањето на зглобот, се препорачуваат вежби во последните 40° од екстензијата при затворен кинетички синџир (полуклекната положба) или да се движат во рамките од 90° до 45° флексија, при отворен кинетички синџир. Во рамките од 30° до 80° флексија, моментот на вртење на квадрицепсот се задржува во границите на 90° од максимумот. Тој е од голема важност за праксата и ги објаснува предностите за време на клекнување при старт, кога се подготвува да скокне итн. Во последните 30°, додека да се постигне полна екстензија, моментот на квадрицепсот нагло се намалува.

Нормалната траекторија на пателата при движење во коленото зависи од взаемното дејство на неколку структури. Кога дејствуваат одделно, секоја една од тие структури предизвикуваат медијално или латерално истегнување. Кога дејствуваат балансирано, тие структури овозможуваат правилна траекторија на движењето на пателата и минимален стрес на зглобните површини. Кога има дисбаланс во дејството на тие структури е нарушена траекторијата на движењето на пателата и се предизвикува стрес на делови од зглобните површини, што е предуслов да развој на дегенеративни промени.

- Функција на флексиониот механизам на коленото

Како и дејството на екстензорите во коленото, дејството на флексорите исто може да се разгледа при движење на потколеницата кон фемурот (отворен кинетички синџир) и движење на фемурот кон потколеницата (затворен кинетички синџир).

Контролата на движењето на потколеницата кон фемурот е една од основните функции на флексо-ротаторната група на коленото. Тоа е доста важно при фазата на замав при одење и трчање. Флексорите на коленото развиваат мали до умерени напори, при брзо скратување (концентрична контракција) или издолжување (ексцентрична контракција).

Една од основните функции на флексорите во коленото при одење е да ја забават или прекинат екстензијата на потколеницата во крајот на фазата на замав. Преку ексцентричното дејство, мускулите го амортизираат добиениот екстензорен инерционен момент и внимаваат за појава на хиперекстензија во коленото.

При трчање или брзо одење, при искачување на угорнина, во почетокот на замавот, мускулите се контрахираат за брзо да го свијат коленото, со цел - значајно скратување на долниот екстремитет.

Контролата на движењето на натколеница кон потколеницата е посложена отколку движењата во отворениот кинетички синџир. Некои мускули, како на пример, sartorius треба да контролира 5 движења - 3 во колк и 2 во коленото.

Вртежниот момент, добиен од флексорите во коленото е најголем близу полна екстензија, и покрај тоа што рамото на дејствување на ишиокроралните мускули е најдолго при околу 45° флексија. Истовремената флексија во колкот кое ги издолжува ишиокруралните мускули, го зголемува вртежниот момент, т.е. должинскиот тензионен однос има многу важно значење во функцијата на флексорите во колената.

Кога коленото е флектирано до 90°, максималниот момент, добиен при надворешна и внатрешна ротација достигнува до околу 30 N.m при секое движење. При лесно флектирано колено (околу 20°) моментот на внатрешната ротација е со околу 40% поголем од оној на надворешната ротација.

Патокинезиолошки промени во коленото

Патокинезиолошките промени во коленото се развиваат поради трауми, заболувања и вродени аномалии. Коленото е најсложен и комплексен дел на долниот екстремитет кој обезбедува подвижност во услови на оптоварување со тежината на телото што го прави особено незаштитено. Тие оптоварувања може да предизвикаат, како акутни трауми, така и хроничен микротрауматизам, со подоцнежен развој на дегенеративни промени.

Од друга страна, деформациите во коленото предизвикуваат негативни промени во неговата функција и во оптоварувањето на одделните области. Деформациите можат да бидат, и како причина и како последица од различни патокинезиолошки промени. Тие секогаш ја влошуваат состојбата и предизвикуваат задлабочување на патолошките структурни и функционални промени.

- Патокинезиолошки карактеристики на деформациите на коленото во фронтална рамнина

Genu Varum

При нормално алинирано колено, оптоварувањето од реакцијата на потпората при стоење е рамномерно распределено помеѓу медијалниот и латералниот дел на тибioфеморалниот зглоб. При одење, компресивните оптоварувања во тибioфеморалниот зглоб се зголемуваат до 3 пати од тежината на телото. Тоа издолжување се должи на мускулната контракција и на зголемената реакција на потпората при контакт на петата со земјата. Така, секој чекор предизвикува варусен момент на коленото и тоа води до зголемено компресивно оптоварување на медијалниот дел при одење.

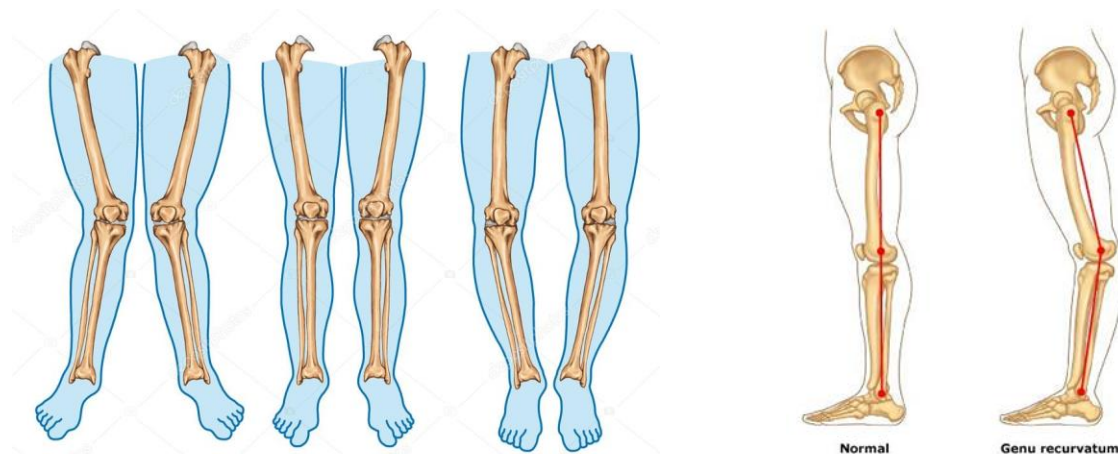
Нормално, ова небалансирано оптоварување не го повредува коленото, но кај некои лица преоптоварувањето на медијалниот дел може да предизвика патолошки промени. Постепениот товар на зглобната 'рскавица предизвикува аддудирање на потколеницата и деформација тип *genu varum*. Така се формира лош круг:

- *варусната деформација води до зголемување на натоварувањето во медијалниот дел и при стоење,*
- *медијалниот дел се оптоварува побрзо,*
- *се зголемува деформацијата тип *genu varum*.*

Овој лош круг предизвикува забрзан развој на остеоартрит (гонартроза), затоа навремено треба да се изврши хируршка корекција за обновување на нормалното алинирање во коленото. Валгусната остеотомија при такви случаи има за цел да го намали притисокот на медијалниот дел и да го забави развојот на артрозниот процес. Дополнително на операцијата, треба да се користат ортопедски чевли или влошки со стегнат латерален дел на стапалото со цел да се намали варусниот стрес.

Genu valgum

Зголемувањето на валгусниот агол во коленото може да се должи на неколку фактори: деформации во соседните зглобови, намален цервикодијафизарен агол на фемурот, рамно стапало и др. Со текот на времето, постојаниот валгусен стрес може да го издолжи МВЛ. Зголемувањето на нормалниот валгусен агол со уште 10° предизвикува поголемо оптоварување на латералниот дел при стоење. Затоа, ако зголемениот *genu valgum* предизвикува сериозен функционален дефицит и болка, неопходно е ендопротезирање на тибеофеморалниот зглоб (сл. II.33).



Сл. II.33 Деформации на коленото во фронтална и сагитална рамнина

- Патокинезиолошка карактеристика на деформациите на коленото во сагитална рамнина

Genu recurvatum

При стоење коленото е во максимална екстензија, фемурот ротира навнатре и коленото се заклучува (фиксира), при што нормално може да дојде до 5° до 10° хиперекстензија. Оваа хиперекстензија и дозволува на линијата на гравитацијата да се помести повеќе пред оската на флексија и екстензија и така го потпомага механизмот за заклучување. Хиперекстензискиот момент на гравитацијата нормално се неутрализира од пасивното теглење на затегнатата дорзална страна на зглобната капсула и флексорите на коленото.

Хиперекстензијата во коленото над 10° се нарекува *genu recurvatum*. Најчеста причина е преоптоварувањето, која постепено ги прерастегнува дорзалните капсуло-лигаментарни и мускулно-тетивни структури. Такво преоптоварување може да биде предизвикано од лоша постурална контрола или неврогено заболување, поврзано со спастичитет на *mm. quadriceps femoris* и/или парализа на флексорите во коленото.

Развојот на *genu recurvatum* може да биде предизвикано и од плантарно-флескионата позиција на стапалото. Во таков случај при стоење, за да остане стапалото во контакт со потпората-тибијата треба да се заврти дорзално. Зголемувањето на хиперекстензијата во коленото го зголемува дејството на гравитацијата и оттаму се зголемува хиперекстензискиот момент, што предизвикува лош круг на прогресија на деформацијата. Затоа треба да се преземат навремени мерки за неутрализирање на деформиращките фактори (сл. II.33).

Патокинезиолошки карактеристики на повредите на коленото

Повредите на коленото најчесто се јавуваат при одење. Причината за тоа се спортските активности. Најчесто се јавуваат мекоткивните повреди (на менискуси, зглобни лигаменти, мускулно-тетивни структури, бурзи), фрактури на пателата и интерартикуларни фрактури. Обично акутната повреда резултира со оток. Отокот на зглобот веднаш по повредата е знак за крвавење. Оток што се формира бавно (над 4 часа) е знак за сериозно крвавење, што обично се појавува кај менискусите и лигаментарните повреди. Во акутната фаза има мускулен гард, мускулна слабост и ограничена подвижност во зглобот од отокот. Кога отокот ќе се намали, задолжително пациентот треба да се прегледа, дали има лигаментарни и повреди на менискусите.

При акутни состојби има појава на болка како при движење, така и при натоварување со тежината на телото, што може да ја ограничи можноста за извршување на основните активности. Нарушената мускулна контрола во коленото, особено кога коленото е свиткано, ги прави потешки основните активности - станување од стол, качување и слегување по скали, клекнување и потскокнување.

- Механизам на лигаментарните повреди во коленото

Лигаментарните повреди на коленото се добиваат под дејство на надворешните сили, на пример: валгусниот стрес предизвикува прерастегнување и повреда на лигаментите, кои ја ограничуваат валгусната подвижност во коленото, а хиперекстензијата го повредува дорзалниот капсуло-лигаментарен комплекс. Кога лигаментите се со намалена механичка јачина (кај возрасните), продолжена имобилизација, болест, примање на стероиди и садов недостаток - можат да бидат повредени и од помали сили. На еден слаб лигамент му е неопходно барем 10 месеци за враќање на механичката јачина по елиминирање на првичниот фактор.

Поведа на *преден вкрстен лигамент* (ПВЛ) на коленото е најчеста лигаментарна повреда. Типична е при активни и млади лица и обично се добива при спортски активности: фудбал, скијање, кошарка и др. Повредата често зафаќа и други мекоткивни структури во коленото - медијалниот колатерален лигамент и медијалниот менискус.

Кога е интактен ПВЛ овозможува 85% од стабилизацијата на тибијата против венстрално поместување и затоа ваквите повреди се испитуваат со тестот на „предна фиока“. Флектираната положба на коленото при тестот ги релаксира останатите венстрални стабилизатори (колатералните лигаменти и мускулните флексори). Доколку поместувањето на тибијата е со 8mm по изразено на недопрената страна тестот се смета за позитивен.

ПВЛ се оптегнува при многу транслаторни и физиолошки движења во тибеофеморалниот зглоб. Типичниот механизам на повреда е остро и силно истегнување на лигаментот, кога тој е предвремено оптегнат. Карактеристичен пример е острата надворешна ротација и дорзална транслација на фемурот, кога стапалото е фиксирано кон потпората. Истовремено валгусен стрес дополнително го издолжува лигаментот.

Друг типичен механизам за повреда на ПВЛ е силната хиперекстензија во коленото кога стапалото е фиксирано на земјата, особено ако во истиот момент и кварицепсот е силно контрахиран. При овој механизам повредата често ги зафаќа и колатералните лигаменти, како и задната зглобна капсула.

При екстензирано колено и натоварување, недостатокот на стабилизација од ПВЛ предизвикува венстрално сублуксирање на латералниот тибисјален кондил поради малата површина. При флектирање на коленото *traktus iliotibialis* преминува позади оската на флексија и екстензија и латералниот тибисјален кондил се враќа назад.

Основните моторни проблеми при повреда на ПВЛ се поврзани со неможност за издржливост на коленото при ротаторни напори во затворен кинетички синџир.

Повредите на *задан вкрстен лигамент* (ЗВЛ) се помеѓу 5 и 20% од сите лигаментарни повреди на коленото. Половина од нив се комбинирани со повреди на други мекоткивни структури, најчесто ПВЛ и дорзо-латералниот дел на зглобната капсула. Има три основни механизми на повреда: хиперфлексија, директен дорзален удар врз проксималната тибија и хиперекстензија. Силната хиперекстензија во

коленото предизвикува комбинирана повреда на ЗВЛ, ПВЛ и дорзо-латералниот дел на зглобната капсула.

При повреда на ЗВЛ тестот на „задна фиока“ е позитивен. По правило, таквата повреда не предизвикува толку сериозни моторни дисфункции и многу спортисти ја продолжуваат спортската кариера и покрај повредата.

Повредата на медијалниот колатерален лигамент не предизвикува сериозни моторни нарушувања, ако не е комбинирано со повреда на ПВЛ. Повредените обично се жалат од нестабилност во коленото при валгусно оптоварување.

Акутните руптури и хроничната инсуфициентност на капсуло-лигаментарните структури на коленото значајно ја зафаќаат способноста за секојдневните и рекреативни моторни дејности со изразена зглобна нестабилност, изнемоштеност и болка. Зглобната нестабилност, предизвикана од повредата на лигаментот, води до постепен траума и повреди на 'рскавицата на зглобот, менискусите и другите структури, кои компензаторно се ангажираат за обезбедување на стабилноста.

- Механизам на повреда на менискусите

Повредите на менискусите најчесто се јавуваат поради ротаторни напори на фемурот кон фиксираната тибија, кога екстремитетот е оптоварен со тежината на телото, предизвикува дополнителна компресија која може да го притисне и раскине менискусот. Откинатото парче може да навлезе и прикрепи помеѓу зглобните површини, предизвикувајќи блокада во движењето.

Медијалниот менискус се повредува почесто од латералниот, затоа што е постабилно поставен и има помали можности за компензаторно поместување. Повредениот механизам на медијалниот менискус најчесто се случува поради валгусен стрес при екстензирано колено, кога стапалото е фиксирано за потпората. Затоа повредата на медијалниот менискус често се јавува од повредата на медијалниот колатерален лигамент. Раскинувањето се добива од прерастегнување на менискусот помеѓу инсерцијата на медијалниот колатерален лигамент и притисната област. Траумата може да се појави кога стапалото е фиксирано за подот и фемурот ротира навнатре - пивотирање, лизнување и др. При фиксирано стапало за подот кога би се извршило надворешно ротирање на фемурот, може да се повреди *латералниот менискус*. Повредата на менискусите може да се добие и при обично клекнување или при директна траума во коленото.

Руптурите на менискусот можат да предизвикаат остро блокирање на коленото, хронична симптоматика со интермитентно блокирање, болка при одење поради стрес на коронарните лигаменти, оток и хипотрофија на квадрицепсот. При блокада на коленото се ограничува полната екстензија. Ако зглобот е отечен, обично се ограничени крајните степени на флексијата и екстензијата. Карактеристично е инцидентното блокирање или неможност (омекнување) на коленото при одење.

Дискоиден латерален менискус е аномалија која се среќава кај околу 5% од населението. Кај децата може да предизвика јасен звук при екстензијата во текот на исправањето на коленото.

Меникусите имаат важна функција во коленото. Повредата и хируршкото отстранување водат до сигурни дегенеративни промени во тибеофеморалниот зглоб (се утврдуваат при 75% од пациентите 10 години после тотална менисцектомија).

Коскените и 'рскавичните повреди во коленото можат да бидат предизвикани по директен (пад врз колено) или индиректен механизам. Патокинезиолошките последици се разни и зависат од многу фактори: повредените структури при траума, ефективност на структурното обновување преку оперативно и конзервативно лекување, дополнителна траума при операција, продолжителноста и видот на приложената имобилизација, преттравматска состојба на коленото и долниот екстремитет како целина итн.

Хроничното преоптоварување и микротрауми на коленото се јавуваат на бурзите. Најчесто страдаат парapatеларната и супрапателарна бурза.

Различните видови на повреди во областа на коленото и различните механизми, кои ги причинуваат ја исклучуваат можноста тие да бидат опишани во целост. Знаењата за аналитичките функции на меките ткива даваат можност да се

анализираат нивните повреди во зависност од механизмот на траумата.

Четириите основни аспекти при патокинезиолошката анализа се:

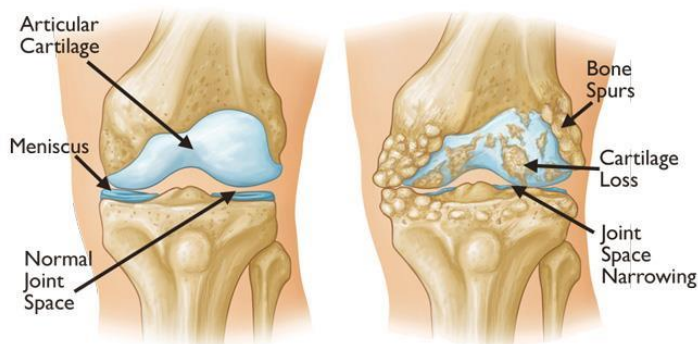
- Нормалната функција на структурата.
- Стресот кој се јавува при секојдневните моторни активности.
- Анатомските врски на соодветната структура со околните ткива.
- Функционалното взаемно дејство на дадената структура со други структури.

Патокинезиолошки промени при зглобни патологии во областа на коленото

Коленото страда најчесто од ревматоиден артрит (РА), гонартроза и остри трауми.

Ревматодиниот артрит ја зафаќа синовијалната обвивка која постепено хипертрофира, предизвикувајќи нарушување на зглобната подвижност и хронично воспаление. Се засегнуваат соседните ткива и за најкарактеристично се смета слабеењето на соединителното ткиво. Тоа води до руптури од незначајни оптоварувања. Заслабениот медијален колатерален лигамент предизвикува постепен развој на деформација тип *genu valgum* (сл. II.34).

Гонартрозата е поврзана со постепено амортизирање на зглобната рскавица и деформирање на зглобната површина. Основните патокинезиолошки промени произлегуваат од хроничната прогресивна болка и ограничувањето на зглобната подвижност. Постепено се нарушува мускулната функција и се развиваат структурни зглобни деформации (сл. II.35).



Сл. II.34 Ревматодиниот артрит



Сл. II.35 Гонартрозата

Болката се јавува за време на оптоварувањето. При воспаление зглобовите се вкочанети и стануваат болни при посериозни натоварувања. Ограничувањето на обемот на подвижност се јавува како резултат на формирањето остеофити и деформации во зглобот. Обично се јавува постепено, па така мал број на пациенти успеваат да го почувствуваат со текот на времето. Зглобната подвижност дополнително се ограничува поради намалената моторна активност, контрактури и мускулен дисбаланс.

Функционалните промени настануваат неосетно и пациентите несвесно ги ограничуваат движењата. Ограничувањето на движењата постепено прогресира.

Развојот на гонартрозата може да биде последица на траума, воспаление, менисцектомија, повреда на лигаментите или други патолошки процеси во коленото, но исто така може да се појави без видна причина. Се разликуваат три форми на гонартроза: *уникондилна*, *ретропателарна* и *пангонартроза*.

Кај *уникондилната форма* патолошкиот процес е ограничен главно во еден од двете компоненти на зглобот. Почесто се зафаќа медијалниот дел кој води до појава на варусна деформација. Појавата на таа деформација го зголемува натоварувањето во медијалниот дел и се формира порочен круг. При клиничкото испитување латералниот притисок во валгус правец доведува до распаѓање на зглобната линија од медијалната страна и тоа е последица од оптоварување на зглобните површини. Со напредување на дегенеративниот процес се формираат остеофити, цисти и при движење во коленото се слушаат крепитации.

При развој на гонартроза во латералниот дел, клиничката слика е обратна од гореспоменатите и наликува на валгус деформација.

Петропателарната артроза ја зафаќа најчесто феморалната цевка по која се лизга пателата и најчесто е последица од фемуропателарна дисплазија или пателарна дисторзија.

При *пангонартроза* се забележуваат повеќе или помалку рамномерно изразени дегенеративни промени во сите делови на коленото.

Патокинезиолошка карактеристика на мускулните дисфункции во коленото

Негативен ефект во функцијата на коленото има заслабениот квадрицепс. Недостатокот на неговата активност предизвикува неможност за правилно движење на коленото при стоење и одење, кое го нарушува одот и води до предвремено абеење на зглобната 'рскавица. Пациентот може компензаторно да го движи коленото за да го заклучи преку опорната фаза. Заклученото колено не може да ја амортизира реакцијата на опората, поради што се зголемува стресот во самото колено и во колкот. Освен тоа, хиперекстензијата при секој чекор е предуслов за прерастегнување на задниот дел на зглобната капсула и постепен развој на *genu recurvatum*.

При парези и парализи на *mm.quadriceps femoris* се појавува парадоксално дејство на ишиокруралните мускули, *mm.gluteus maximus* и *mm.gastrocnemius*, како екстензори на коленото во затворен кинетички синџир.

Отстранувањето на пателата има силен негативен ефект во мускулната функција. Намалувањето на дејството на квадрицепсот бара да компензира со позначајна контракција. При отстранување на пателата квадрицепсот треба да развива 25% поголема тензија за да го добие истиот вртежен момент. Зголемената контракција ја зголемува и компресијата во тибеофеморалниот зглоб, кој предизвикува предвремено трошење на зглобната 'рскавица.

При умерена слабост на квадрицепсот многу често се развива активен екстензионен дефицит во коленото т.е. покрај полниот пасивен обем на екстензија, коленото не може да се испружи максимално во отворен кинетички синџир (од позиција седење). Разликата помеѓу можниот пасивен и можниот активен обем на екстензија во коленото од позиција седење може да се измери и да се прочита активниот екстензорен дефицит во степени.

Гледано од кинезиолошка точка, тешкотиите при активна екстензија на коленото од седење се можни. Екстензијата во коленото нормално е придружена од екстензијата на колкот. При седење, колкот е флектиран. На тој начин *mm.rectus femoris* запаѓа во активна инсуфициенција. Заедно со нормално намалениот момент на квадрицепсот во последните степени од екстензијата се отежнува активната екстензија. Ишиокруралните мускули во исто време покажуваат се поголем отпор, бидејќи претходно се оптегнати во колкот и екстензијата во коленото ги тера кон границата на пасивен недостаток. При нормална функција на квадрицепсот, независно од неблагоприятните услови, коленото може да се исправи активно. Дури при лесна слабост се појавува активен екстензорен дефицит.

Појава на оток во областа на коленото располага со развој на активен екстензорен дефицит. При екстензија отокот значајно го зголемува внатрешниот зглобен притисок, кој предизвикува рефлекторна инхибиција на мускулната јачина. Затоа редуцирањето на отокот во коленото е основна терапевтска задача при функционално закрепнување.

Патокинезиолошки карактеристики на пателофеморалните дисфункции

Патолошките промени во пателоформалната област се поврзани најчесто со зголеменото латерално поместување при движење (сл. II.36). При латерално поместување пателата се наклонува на една страна. Се среќава почесто кај жени и се појавува во позиција близу полна екстензија. Латералното поместување и наклонот на пателата располагаат со предвремено трошење на зглобната 'рскавица и развој на латерална пателоформална нестабилност.

Друг сериозен фактор е зголемениот Q-агол и зголемениот *genu valgum*.

Зголемуиот Q-агол го зголемува латералниот лаков ефект на пателата. Затоа мерките, насочени кон нормализирање на алинирањето во коленото, индиректно се насочени и кон решавање на пателофеморалниот синдром.

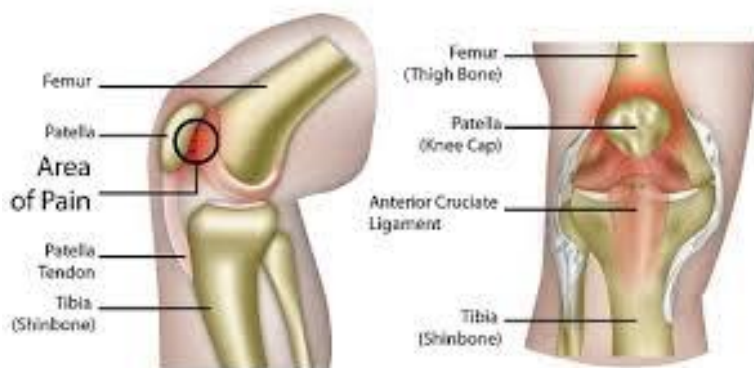
Независно од последиците од зголеменото латерално поместување и наклонот на пателата (зголемена латерална компресија или латерална нестабилност) лицата се жалат од болка, дискомфорт при задржување на коленото во флексија (продолжено седење), засилување на симптомите при продолжено контрахирање на квадрицепсот од позиција на флектирано колено.

Промените во латералната зглобна 'рскавица на пателата се показатели за пателофеморален синдром и се дијагностицира како *chondromalacia patellae* (омекнување на зглобната 'рскавица). Таквите 'рскавични промени се набљудуваат и на колена без симптоматологија. По медијалната пателарна површина се откриваат дури и поизразени промени, без да има симптоми или прогресирано нарушување на 'рскавицата. Затоа се настојава да се употребуваат термините пателофеморална артралгија или пателофеморален синдром. 'Рскавичните промени почесто се среќаваат на медијалната пателарна површина, додека промените на латералната пателарна површина почесто прогресираат до остеоартрит (гонартроза).

Болката може да се појави од инервираниот субхондрален коскен слој, кој се склон на зголеменото натоварување по трошењето на 'рскавицата. Промените во зглобната 'рскавица се типични при изразена нестабилност или структурни промени во областа (*genu valgum* и др). Кај млади, активни лица исто така може да се појави ретропателарна болка како последица од минимални структурни промени и нестабилност, како и поради преоптоварување. Таквата болка со текот на времето исчезнува и обично не прогресира кон остеоартрит. Поради аневралната структура на зглобната 'рскавица, недостатокот на симптоми при структурни промени означува почетен стадиум на патологија, која може да биде симптоматска при дополнителна траума или преоптоварување.

Основни патокинезиолошки промени при пателофеморален синдром:

- Слабост, инхибиција или некоординирано вклучување на *mm.vastus medialis obliquus* во целосниот моторен синергизам.
- Прерастегнат медијален ретинакулум.
- Скратен латерален ретинакулум, *tractus iliotibialis* или други латерални структури.
- Ограничена медијална подвижност на пателата.
- Рамно стапало.
- Болка при палпација.
- Скратен *mm.triceps surae*, ишиокрурални мускули, *mm.rectus femoris*.
- Повреда на пателарната тетива или супрапателарната подлога.
- Болка и влошена мускулна контрола при качување и симнување по скали.
- Болка при скокање и трчање, што ги ограничува спортските и рекреативни активности.
- Болка при продолжено седење со свиткани колена и при клекнување.



Сл. II.36 Пателофеморален синдром

II.8 ПАТОКИНЕЗИОЛОГИЈАНА СТАПАЛО

Структури и функционални особености на стапалото

Структурата на стапалото е сообразена со осигурување и подвижност во дисталниот дел на долниот екстремитет. Стапалото треба да биде стабилна основа и да ја издржува тежината на телото при стоене со минимален расход на мускулна енергија. Треба да е во состојба да ги абсорбира силите на реакцијата на опората и да се адаптира кон нерамнотежата на земјишната површина, а исто така да биде и механичен лост, кој го овозможува исфрлањето на телото напред при одење и трчање.

Анатомо-кинезиолошките карактеристики на скочниот зглоб и стапалото се меѓусебно поврзани и комплексни. Терминот скочен се однесува на талокруралната (горно-скочна) зглобна површина, но кинезиолошки се однесува и на проксималната и дистална тибео-фибуларна зглобна површина.

Терминот стапало ги опфаќа сите структури, распоредени дистално од тибигјата и фибулата. Талусот учествува во исто време во формирањето и на стапалото и скочниот зглоб и затоа е клучен елемент во овој комплекс.

Бидејќи стапалото е наклонето перпендикуларно на потколеницата, анатомските насоки, исто така се изменети за 90°.

Основни делови на стапалото

Скочниот зглоб се формира со поврзувањето на потколеницата и стапалото. Структурно ги опфаќа тибигјата и фибулата, талокруралната, проксималната и дисталната тибеофибуларна зглобна површина (сл. II.37).

Од анатомско-кинезиолошка гледна точка стапалото се формира од 3 функционални дела:

- *задан дел - талус, калканеус и субталарен зглоб,*
- *среден дел - петте мали коски на коренот на стапалото (чунеста, кубидна и три клинесте коски,)*
- *преден дел - петте метатарзални коски, 14 фаланги, тарзометатарзални, интерметатарзални, метатарзофалангеални и интерфалангеални зглобови.*

Коските од задниот дел лежат една врз друга, додека тие од предниот и средниот дел се распоредени една до друга. Тоа го прави стапалото повисоко и цврсто во задниот дел.



Сл. II.37 Структура на стапалото

Анатомски сводови на стапалото

Под поимот свод се подразбира поврзувањето на една метатарзална коска со дистално распространетата фаланга. Метатарзалните коски се 5 и се распоредени помеѓу тарзалните коски на фалангите. Нумерирањето започнува од медијално кон латерално, од 1 до 5.

Првата метатарзална коска е најкратка и дебела. Втората обично е најдолга и е поврзана со тарзалните коски. Тие структурни особености одговараат на поголеми оптоварувања, на која е изложена медијалната страна на стапалото. Секоја метатарзална коска има основа, дијафаза и конвексна глава. По основата на секоја метатарзална коска има помали фасетки за поврзување со соседните метатарзални коски (интерметатарзални зглобни површини). Дијафизите на метатарзалните коски се конкавни од плантарната страна. Оваа форма ја зголемува издржливоста при напречен притисок. На плантарната површина на главата на првата метатарзална коска има две мали фасетки за контакт со двете сезамовидни коски, приклучени во механизмот на *mm.flexor hallucis longus*. Петата метатарзална коска има изросток од латералната страна, непосредно до основата, која служи за прикрепување на *mm.fibularis brevis*.

Фалангите на стапалото се 14 на број. Првиот „голем“ прст има две фаланги, а останатите прсти имаат по 3. Секоја фаланга има конкавна зглобна површина во основата и конвексна површина на главата.

Кинематика на стапалото

Најголемите зглобни површини во овој комплекс се талокруралната, субталарната и трансверзотарзалната зглобна површина. Талусот учествува во формирањето на трите. Тоа ја определува клучната улога во кинематиката на стапалото и поради тоа околу 70% од неговата површина е покриена со зглобна 'рскавица.

Терминологија на движењата и позициите на стапалото

Движења во основната рамнина:

- сагитална рамнина - дорзална флексија и плантарна флексија,
- фронтална рамнина - инверзија и еверзија,
- трансверзална рамнина - абукција и аддукција.

Комбинирани движења во трите рамнини:

- пронација - комбинација од дорзална флексија и абдукција,
- супинација - комбинација од плантарна флексија и аддукција.

При дорзална и плантарна флексија во стапалото се набљудува аксесорно поместување на фибулата:

- *при плантарна флексија, латералниот малеол се завртува навнатре и се измесува надолу, а двата малеола се приближуваат. Во горната тибеофибуларна зглобна површина, фибулата се лизга надолу.*

При дорзифлексија аксесорните движења се обратни:

- *при супинација на стапалото, главата на фибулата се приближува дистално и назад (надворешна ротација). При пронација главата се лизга проксимално и напред (внатрешна ротација).*

Дорзалната флексија на стапалото се ограничува од задните снопчиња на латералните лигаменти и од тонусот на *mm.triceps surae*. Внатрешниот малеол и задниот раб на тибјата при потпорна фаза ја поднесуваат тежината на телото.

Тибеофибуларните зглобни површини заедно со меѓукошкестата мембрана осигуруваат полуподвижно поврзување на тибјата и фибулата.

Проксималната тибеофибуларна зглобна површина е распространета латерално и каудално од коленото. Ги поврзува главата на фибулата со пост-латералната површина на латералниот кондил на тибјата. Површините се речиси рамни или овални, покриени со зглобна рскавица. Зглобот е опфатен од зглобна капсула и е засилен од вентрален и дорзален лигамент. Тетивата на *mm.popliteus* исто така го стабилизира зглобот, поминувајќи по дорзалната површина. На овој зглоб е неопходна стабилноста, за да обезбедува силивите моменти од *mm.biceps femoris* и *lig.collaterale laterale* да бидат предавани ефективно од фибулата кон тибјата.

Дисталната тибиофибуларна зглобна површина ги поврзува конвексната и медијалната површина на дисталниот крај на фибулата со конкавната фибуларна линија на тибијата. Оваа зглобна површина обично ја класифицираат како синартроза поради минималната подвижност, која го дозволува фактот, дека е наполнета со неорганизирано соединително ткиво. Синовалната обвивка, покривајќи ја дисталната тибиофибуларна површина често е продолжение на синовиалната обвивка на талокруралната зглобна површина. Меѓукоскениот лигамент е најпознатиот статичен стабилизатор на зглобот. Тој претставува дистален продолжеток на меѓукоскената мембрана. Вентралните и дорзални дистални тибиофибуларни лигаменти исто така го стабилизираат зглобот. Стабилноста во дисталната тибиофибуларна синдесмоза е од големо значење за стабилноста и функцијата на талокруралниот зглоб.

Art.talocruralis е синовиален зглоб со еден степен слободно движење. Конкавната површина се формира од дисталниот крај на тибијата и фибуларниот и тибијалниот малеол, фибуларниот се спушта покаудално од тибијалниот. Стабилноста се определува во значителен степен од тибиофибуларните зглобни површини и лигаменти.

Конвексната зглобна површина се образува од телото на талусот и е конусообразна со медијално насочен врв. Контактната површина помеѓу површините во талокруралниот зглоб е 350mm², што е малку за разлика од контактните површини на коленото (1120 mm²) и колкот (1100 mm²).

Оската на движење поминува преку телото на талусот, поврзувајќи ги врвовите на медијалниот и латералниот малеол. Затоа не е насочена целосно медиолатерално во фронталната рамнина, а е наклонета каудално и дорзално во латерална насока. Отклонувањето на оската во фронтална рамнина е околу 10°, а во трансверзалната околу 6°. Ова отклонување на оската на движење во талокруралниот зглоб предизвикува аддукција и инверзија на стапалото при дорзална флексија и соодветна абдукција и еверзија при плантарна флексија.

Средната дорзифлексија е околу 26°, а средната плантарна флексија е околу 48°. Асоцираните движења во супталарниот зглоб придонесуваат до 20% од обемот. За неутрална позиција се смета 90° наклонување на стапалото кон потколеницата.

При извршување на физиолошки движења, талусот лизга во спротивна насока - при дорзална флексија назад, а при плантарна флексија напред.

Физиолошко	Насока на лизгање движење на талусот
Дорзифлексија.....	дорзално
Плантарна флексија.....	вентрално

Лигаментарен апарат на талокруралниот зглоб

Талокруралниот зглоб е обвиткан од тенка зглобна капсула, зајакната од цврсти колатерални лигаменти, кои ги ограничуваат латералните движења на талусот кон тибиофибуларен зглоб.

Медијалниот колатерален лигамент (МКЛ) на талокруралниот зглоб се нарекува и делтоиден лигамент. Тој е цврст и широк. Врвот на триаголната структура му е насочен кранијално и се прикрепува за медијалниот малеол. Каудално се распространува лепезовидно, формирајќи три снопови на површински фибри:

- тибионавикуларни, кои се прикрепуваат за *tuberositas navicularis*,
- тибиокалкканеарни, кои се прикрепуваат за *sustenaculum tali*,
- тибиоталарни, кои се прикрепуваат за медијалниот туберкул и површината на талусот.

Длабоките фибри се испреплетуваат во медијалниот дел на зглобната капсула.

Основната функција на делтоидниот лигамент е да ја ограничува еверзијата во талокруралниот, субталарниот и талонавикуларниот зглоб.

Траумите се ретки поради значителната цврстина и коскена стабилизација за време на еверзиониот стрес, која е сигурна од фибуларниот малеол.

Латералните колатерални лигаменти (ЛКЛ) на зглобот вклучуваат вентрален и дорзален талофибуларен и калканеофибуларен лигамент. Поради малите можности

на медијалниот малеол да обезбеди коскена стабилизација за време на инверзиониот стрес, траумите на ЛКЛ се чести.

Вентралниот талофибуларен лигамент започнува од вентралниот дел на фибуларниот малеол и преминува вентрално и медијално кон вратот на талусот. Претставува најчест повредуван лигамент од ЛКЛ. Повредите се добиваат при нагло инверзиона или аддукторна сила, особено кога стапалото е во плантарна флексија (неочекувано стапнување во дупка).

Калканеонео-фибуларниот лигамент се спушта каудално и дорзално од врвот на латералниот малеол кон латералната површина на петната коска. Ја ограничува инверзијата во талокруралниот и субталарниот зглоб. Вентралниот талофибуларен и калканеофибуларен лигамент ја ограничуваат инверзијата преку целиот сектор од позиции помеѓу дорзална и плантарна флексија.

Дорзалниот талофибуларен лигамент започнува од дорзо - медијалната површина на латералниот малеол и завршува на латералниот туберкул на талусот. Фибрите поминуваат на косо каудално, дорзално и латерално покрај талокруралниот зглоб. Затоа основната функција му е да го стабилизира талусот во тибеофибуларната вилка. Во пракса, ја ограничува аддукцијата на стапалото, особено при максимална дорзифлексија.

Како целина, медијалните и Латералните колатерални лигаменти ја ограничуваат еверзијата и инверзијата во зглобовите преку кои поминуваат. Поради тоа што поголемиот дел од фибрите се спуштаат од вентрално кон дорзално, тие го ограничуваат дорзалното поместување на талусот кон зглобната вилка. Тоа има важно значење за артрокинематиката на зглобот, при што плантарната и дорзална флексија се поврзани со вентраното и дорзално лизгање на талусот кон зглобната вилка.

Art. talocalcaneonavicularis познат како долен скочен, ги поврзува os naviculare, os calcaneus и os talus. Помеѓу талусот и калканеусот има три артикулации. Задната е одделена од предната и средната со тарзален канал (sinus tarsi). Овој канал го разделува субталарниот зглоб на две зглобни празнини:

- Задната артикулација има одделна капсула. Таа образува околу 79% од општата зглобна површина на субталарниот зглоб. Фасетката од долната страна на талусот е конкавна, додека фасетката од спротивната страна на калканеусот е конвексна.
- Предната артикулација и талонавикуларниот зглоб се затворени од една заедничка капсула, формирајќи талокалканеонавикуларен зглоб. Функционално, овие зглобови работат заедно. Фасетките на предната и средната артикулација на талусот се лесно конвексни, додека пак фасетките кои лежат спрема калканеусот се лесно конкавни.

Кинезиолшки долниот скочен зглоб претставува зглоб со една коса оска на движење. Движењето се извршува во исто време во трите зглобни фасетки и предизвикува лаковидно поместување на калканеусот кон талусот. И покрај некои индивидуални разлики, оската на движење е ориентирана косо од дорзо-латерално кон вентро-медијално. Таа е наклонета 42° од хоризонталната рамнина и 16° од сагиталната. Оваа коса оска на движење го определува комбинирањето на инверзијата со аддукција и еверзија со абдукција. При ова комбинирано движење се извршува и многу мала дорзална и плантарна флексија. Овие движења можат да бидат извршени само пасивно, затоа што нема мускули кои влијаат аналитично во субталарниот зглоб.

При физиолошки движења во субталарниот зглоб, конвексната задна фасетка на калканеусот се лизга обратно на движењето, додека конкавната предна и средна фасетка лизгаат во иста насока.

Обемот на подвижност во субталарниот зглоб варира кај различни индивидуи, но како целина инверзијата е околу двапати поголема од еверзијата ($22,6^\circ$ средна инверзија / $12,5^\circ$ средна еверзија). Еверзијата се ограничува од дистално поставениот фибуларен малеол и делтоиден лигамент. Абдукционите и аддукционите отклонувања во субталарниот зглоб се скоро еднакви по обем.

Во отворениот кинетички синџир, кога калканеусот се движи слободно, движењата на стапалото и потколеницата се независни една од друга. Во затворениот кинетички синџир, фиксираниот калканеус ги прави движењата на потколеницата и стапалото зависни една од друга.

При одење и движење во затворен кинетички синџир талусот се движи кон фиксираната петна коска. Субталарниот зглоб ги претвора ротаторните движења на потколеницата во проно-супинаторни движења. Без функцијата на овој зглоб ротаторните движења на потколеницата ќе предизвикаат абдукција или аддукција на стапалото, кои би го нарушиле горниот скочен зглоб или би го нарушиле контактот помеѓу стапалото и потпората.

При стапување на стапалото и преземање на тежината на телото, калканеусот има тенденција да направи еверзија. Тоа се должи на фактот, дека линијата на гравитација, поминувајќи преку талусот се разминува со латералната линија на потпората од контактот на калканеусот со површината.

Лигаментарен апарат на субталарниот зглоб

Субталарниот зглоб се подржува од медијалните и латерални колатерални лигаменти, кои го одржуваат и талокруралниот зглоб. Главната стабилизација доаѓа од меѓукоскениот талокалканеарен и цервикален лигамент, кои се распространети во тарзалниот канал. Меѓукоскениот лигамент има два рамни снопа - вентрален и дорзален. Тие започнуваат од калканеарниот силкус, насочени кранијално и медијално и завршуваат во таларниот силкус. Помоќниот цервикален лигамент има иста коса ориентација на влакната, но е распространет полатерално.

Сите лигаменти ја контролираат еверзионата и инверзионата подвижност на калканеусот кон талусот. Еверзијата се ограничува од медијалните фибри на меѓукоскениот талокалканеарен лигамент и талокалканеарните фибри на делтоидниот лигамент. Инверзијата се ограничува од цервикалниот лигамент и калканеофибуларниот лигамент.

Трансверзо-тарзалниот зглоб е функционално составен зглоб, вклучувајќи ги анатомско разделените талонавикуларен и калканеокубоиден зглоб. Овој зглоб го оформува преодот помеѓу задните и предните делови на стапалото, овозможувајќи проно-супинаторни движења на стапалото. На овој начин придонесува за компензаторните движења, кои го адаптираат стапалото кон нерамните површини на потпората. Пасивните аксесорни движења вклучуваат абдукција - аддукција, инверзија - еверзија и дорзално и плантарно лизгање.

Трансверзотарзалниот зглоб е функционално поврзан со субталарниот зглоб. Овие зглобови работат заедно, контролирајќи ја позицијата на стапалото во однос на пронацијата и супинацијата. Од една страна трансверзотарзалниот зглоб му овозможува на предниот дел да остане во контакт со потпорната површина, додека задниот дел се пробира или супинира во одговор на ротаторните движења на потколеницата. Од друга страна, дава можност на предниот дел да се пробира и супинира независно од задниот дел и по тој начин стапалото да се адаптира кон нерамните површини, без да предизвика промена во позицијата на задниот дел на стапалото и потколеницата.

Талонавикуларен зглоб како анатомско-функционален припаѓа на талокалканеонавикуларниот зглоб. Комбинираното движење на чунестата коска кон талусот (пронација и супинација), се извршува во исто време и во субталарниот зглоб, овозможувајќи на средниот дел да се извиткува кон задниот дел на стапалото. При пронација, аксесорните движења на чунестата коска се дорзално лизгање со абдукција и еверзија. Пронацијата се предизвикува при приложување на телесната тежина врз стапалото, при што главата на талусот се поставува плантарно и медијално. Тоа води до релаксирање на стапалото и паѓање на медијалниот надолжен свод. Обратно, аксесорните движења се појавуваат при супинација и предизвикуваат заклучување (фиксирање) на стапалото и зголемување на медијалниот надолжен свод.

Главата на талусот е конвексна, а проксималната површина на зглобот на чунестата коска е конкавна. При физиолошки движења на стапалото, чунестата коска лизга во насока на движење на предниот дел на стапалото. Под дејство на телесната

тежина, движењата на талусот и чунестата коска се во различни насоки, бидејќи кога главата на талусот паѓа плантарно и ротира медијално, чунестата коска лизга дорзално и ротира латерално.

Плантарниот калканеонавикуларен лигамент го гради „дното“ на талонавикуларниот зглоб и ја задржува главата на талусот. Тоа задржување е многу важно при изградбата, бидејќи тежината на телото ја притиска главата на талусот каудално кон земјишната површина. Површината на овој лигамент, која е во контакт со главата на талусот е покриена со мазна фиброрскавица.

Талонавикуларниот зглоб е обложен со тенка зглобна капсула со неправилна форма. Дорзално, зглобната капсула е зајакната од меѓукоскен лигамент, а латерално од калканеонавикуларните фибри на *lig.bifurcatum*.

Медијално, зглобната капсула на талонавикуларниот зглоб се испреплетува со венстралните снопиња на делтоидниот лигамент.

Калканеокубоидниот зглоб е латерална компонента на комплексниот трансверзо-тарзален зглоб. Формата на зглобните површини е седлеста. Зглобната површина на калканеусот е конвексна во дорзо-плантарна насока и конкавна во медио-латералната насока. Зглобната површина на кубоидната коска е реципрочно конкавна и конвексна. Седлестата конфигурација на зглобните површини го спречува нивното лизгање. Тоа го претвора овој зглоб во слабо подвижен и така овозможува стабилност во латералната колона на стапалото. Ограничената подвижност дава контраст спрема значајно поподвижната медијална компонента на трансверзо-тарзалниот зглоб - талонавикуларен зглоб.

Дорзалната површина на капсулата на калканеокубоидниот зглоб е зајакната од дорзален калканеокубовиден лигамент. Дополнително зглобот се стабилизира од уште три лигаменти:

- *Lig.bifurcatum* има Y-форма, каде стеблото е прицврстено за калканеусот дорзално и латерално од калканеокубоидниот зглоб. Стеблото се дели на латерално и медијално снопче. Латералното (калканеонавикуларно) снопче ја зајакнува дорзолатералната површина на талонавикуларниот зглоб. Латералното (калканео-кубоидно) снопче го пресекува калканеокубоидниот зглоб дорзално, формирајќи директна врска помеѓу двете коски.
- Долгите и куси плантарни лигаменти го зајакнуваат плантарниот аспект на калканеокубоидниот зглоб. Долгиот плантарен лигамент, најголемиот лигамент на стапалото, започнува од плантарната површина на калканеусот, непосредно пред *tuberositas calcanei* и завршува на плантарната површина во основата на латералните 3-4 метатарзални коски.
- Краткиот плантарен лигамент, наречен плантарен калканеокубоиден лигамент, започнува венстрално и во длабочина под долгиот плантарен лигамент и завршува на плантарната површина на кубоидната коска. Минувајќи перпендикуларно на калканео-кубоидниот зглоб, плантарните лигаменти овозможуваат стабилност во латералниот дел на стапалото.

Анализата на движењата на трансверзотарзалниот зглоб вклучува три фактора:

- ротирањето се извршува околу две одделни оски
- амплитудата на движење е различна при отворена кинетичка верига под дејство на телесната тежина.
- функцијата на трансверзотарзалниот зглоб е силно зависен од позицијата на калканеусот во субтаралниот зглоб.

Обемот на подвижност во трансверзо-тарзалниот зглоб е тешко да се измери, особено аналитички, без вклучување и на соседните зглобови. Визуелното и палпаторно испитување ни даваат можност да се утврди, дека супинацијата е околу двапати поизразена од пронацијата. Обемот на инверзијата на средниот дел на стапалото кон задниот дел на стапалото е околу 25°, а на еверзијата од 10° до 15°.

Артокинематиката на трансверзотарзалните зглобови треба да биде анализирана во контекст на движењата на задниот и средниот дел на стапалото.

Во отворен кинетички синџир *супинацијата* на стапалото доведува до

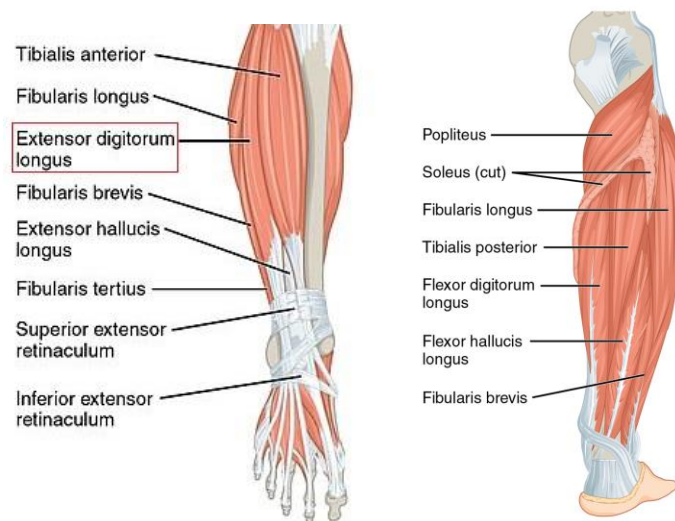
превртување на стапалото навнатре, а пронацијата извртување кон надвор. Mm.tibialis posterior според многубројните инверзии е основен супинатор на стапалото. Поради ригидноста, калканеокубоидниот зглоб при супинација, инверзија и аддукција на калканеусот лизгаат кон плантарно латералниот дел на стапалото. Потпорната точка на движењето е во талонавикуларниот зглоб. Тракцијата на mm.tibialis posterior предизвикува извртување на os naviculare и истовремено предизвикува дорзално кревање на медијалниот дел на стапалото. Движењето во талонавикуларниот зглоб е всушност вретеновидно завртување на конкавната зглобна површина на os naviculare кон конвексната глава на талусот (ротаторно лизгање).

Пронацијата во отворен кинетички синџир се извршува по обратен механизам. Влечењето на mm.fibularis longus предизвикува дорзално кревање на латералниот раб на стапалото и соодветно вентрално спуштање на медијалниот раб.

Во затворен кинетички синџир, взаемното дејство на субталатрниот, трансверзотарзалниот и зглобовите на предните делови на стапалото предизвикуваат пронаторно извиткување на стапалото при внатрешно ротирање на потколеницата и пад на медијалниот надолжен свод и супинаторно извиткување на стапалото при надворешна ротација на потколеницата, предизвикувајќи зголемување на медијалниот свод. Контралатералните движења на предните делови на стапалото даваат можност да се зачува контактот со потпората.

Мускулна функција во областа на стапалото

Основна функција на мускулите во областа на стапалото е да обезбеди динамична стабилизација, отфрлање од потпората при одење и амортизирање на силите, произлегувајќи помеѓу долниот екстремитет и потпорната површина. Мускулите во областа на стапалото можат да бидат поделени на две основни групи - сопствени мускули на стапалото и долги мускули, започнувајќи од потколеницата (сл. II.38).



Сл. II.38 Мускулна функција на стапалото

Мускулите на потколеницата започнуваат од бедрото или потколеницата, а нивните дистални делови преминуваат во долги тетиви, завршувајќи преку коските на стапалото. Топографски можат да бидат поделени на 3 групи: *вентрална, дорзална и латерална*. Сите мускули на потколеницата се повеќезглобни и поради таа причина учествуваат во извршување на повеќе од едно движење.

Вентралната група се формира од 4 мускули: tibialis anterior, extensor hallucis longus, extensor digitorum longus и fibularis tertius. Сите овие мускули започнуваат од вентралната и латералната површина на тибијата, фибулата и меѓукоскентата мембрана. Нивните тетиви поминуваат вентрално од глуждот, поддржани од обвивките во синовијалниот проксимален и дистален екстензорен ретинакулум. Најмедијално доминира тетивата на mm.tibialis anterior, која продолжува дистално кон

медио-плантарната површина на тарзометатарзалните зглобови. Тетивата на mm.extensor hallucis longus минува по-латерално и се упатува кон дорзалната површина на првиот прст. Најлатерално преминуваат тетивите на mm.extensor digitorum longus и mm.fibularis tertius. Четирите тетиви на mm.extensor digitorum longus се припојуваат за дорзалната површина на средните и дисталните фаланги преку дорзалното дигитално растегнување. Mm.fibularis tertius е дел од mm.extensor digitorum longus и дејствува како екстензор на петтиот прст, прикрепувајќи се за основата на петтата метатарзална коска.

Сите четири мускули од венстралната група на потколеницата дејствуваат како дорзални флексори во талокруралните зглобови, бидејќи поминуваат дорзално од оската на движење во сагиталната рамнина. Mm.tibialis antetior исто така ги супинира талонавикуларните зглобови и го подржува медијалниот надолжен свод.

Основната функција на mm.extensor hallucis longus е дорзифлексијата во талокруралните зглобови и во зглобовите на првиот прст.

Mm.extensor digitorum longus и mm.fibularis tertius освен дорзалната флексија во глуждот, извршуваат и еверзија во стапалото.

Венстралната група мускули на потколеницата се најактивни во почетокот на потпорната фаза, како и во фазата на замав при одење. Во почетокот на потпорната фаза прават ексцентрична контракција, контролирајќи ја плантарната флексија на стапалото помеѓу почетниот контакт и контактот на целото стапало. По препуштањето на целата тежина на телото на стапалото, mm.tibialis antetior го контролира падот на медијалниот надолжен свод. Во фазата на замав мускулите го подржуваат стапалото во максимална дорзифлексија за да не се потпира на површината при изнесувањето напред.

При дорзифлексија на стапалото венстралните мускули на потколеницата го неутрализираат взаемното теглење кон инверзија (tibialis anterior) и еверзија (extensor digitorum longus и fibularis tertius).

Латералната група мускули на потколеницата се состои од 2 мускула: mm.fibularis longus и brevis. Тие дејствуваат како пронатори на стапалото. И двата мускули почнуваат проксимално од латералната површина на фибулата. Тетивата на mm.fibularis longus, која е поповршно поставена, се извртува зад латералниот малеол и преминува по плантарната површина на стапалото во одделен канал во os cuboideum. Потоа преминува во долгите и кратки плантарни лигаменти кон дисталната инсерција врз плантарно-латералната површина на првиот тарзометатарзален зглоб.

Тетивата на mm.fibularis brevis минува дорзално од латералниот малеол, непосредно со тетивата на mm.fibularis longus. Двете тетиви имаат заеднички синовијален влез, преминувајќи под фибулариот ретинакулум, кој ги задржува дорзално од латералниот малеол. Потоа тетивата на mm.fibularis brevis се одделува кон својата дистална инерција врз стилоидниот израсток на петтата метатарзална коска.

Mm.fibularis longus et brevis се основни пронатори на стапалото. Двата мускула исто така извршуваат плантарна флексија во талокруралните зглобови, бидејќи латералниот малеол дејствува како макара, поместувајќи ја линијата на теглење дорзално од оската на движење во сагиталната рамнина. Дејството на овие мускули исто така ги стабилизира талокруралните зглобови од латералната страна. Затоа при латерална глуждова нестабилност се препорачува нивно зајакнување.

Дисталната инсерција на mm.fibularis longus дозволува да го пронира предниот дел на стапалото, предизвикувајќи плантарна флексија на првиот лак во отворена кинетичка верига. Тој мускул исто така ги стабилизира првите тарзометатарзални зглобови спроти медијалното теглење на mm.tibialis anterior. Без таквата стабилизација првиот лак би мигрирал медијално, што е предуслов за развој на деформација тип hallux valgus.

Mm.fibularis longus et brevis се најактивни во средниот и крајниот дел на отпорната фаза, кога субталарните зглобови се супинираат и глуждот кој е во дорзална флексија и се подгорвува за плантарна флексија. Активноста на тие мускули ја амортизира супинацијата во субталарните зглобови. Фиксиран кон потпората првиот лак, супинираниот заден дел предизвикува релативно пронирање на средниот и

предниот дел од стапалото. При парализа на mm.fibularis longus се губи неутрализацијата на супинаторното влечење на mm.tibialis posterior. На крај, задниот дел го повлекува предниот кон супинација и пацинетот оди на латералниот раб на стапалото.

При отфрлањето mm.fibulares дејствуваат на останатите плантерни флексори при што го неутрализираат супинарното влечење на голем дел од нив (tibialis posterior и долгите флексори на прстите). Потоа, кога петата е подигната, контракцијата на тие мускули (особено на mm.fibularis longus) дозволува преносот на тежината од латералниот кон медијалниот дел на стапалото. Тоа дозволува изместување на ОЦТ кон спротивниот екстремитет, кој навлегува во почетокот на отпорната фаза.

Еверзионото влечење на mm.fibularis longus го стабилизира стапалото, спротивставувајќи се на инверзионото оптегнување на повеќето плантарни флексори. Тоа е јасно разграничено при застанување на прсти. Силно активираниите mm.fibularis longus и mm.tibialis posterior се неутрализираат заедно, формирајќи функционален „корсет“, кој ги подржува сводовите на стапалото. Збирниот ефект од тоа комбинирано мускулно дејство е лесно супинирање на оптоварениот заден дел, кој ја осигурува дополнителната стабилизација на стапалото. Таа стабилизација е неопходна за да може плантарно-флексорните сили да бидат изместени напред кон главите на метатарзалните коски.

Дорзалната група на мускули на потколеницата е изградена од два слоја: површински и длабок.

Површинскиот слој се образува од mm.triceps surae и mm.plantar. Триглавиот мускул (mm.triceps surae) е изграден од два одделни мускули во почетокот: mm.gastrocnemius и mm.soleus. Најповршинско се поставени двете глави на mm.gastrocnemius, кои започнуваат од дорзалните површини на медијалниот и латералниот бедрен кондил. Поразиената медијална глава се поврзува со латералната и со тетивите на mm.soleus, формирајќи ахилова тетива, која се припојува за tuber calcanei. Рамниот mm.soleus лежи непосредно под mm.gastrocnemius, започнувајќи од дорзалната површина на проксималниот дел на фибулата и средниот дел на тибјата. Mm.plantar започнува од linea supracondylaris femoris. Вретеновидното тело му е долго од 7 до 10cm и е помало во споредба со околните мускули. Тој мускул има долга и тенка тетива, која оди помеѓу mm.soleus и mm.gastrocnemius и се испреплетува во медијалната страна на Ахилевата тетива.

Длабокиот слој е претставен од 3 мускули: mm.flexor digitorum longus, mm.flexor hallucis longus и mm.tibialis posterior. Mm.tibialis posterior е релативно централно поставен. Оттаму медијално се наоѓа mm.flexor digitorum longus, а оттаму латерално mm.flexor hallucis longus. Тетивите на овие мускули, заедно со n.tibialis и a.tibialis поминуваат по медијалната страна на глуждот, позади медијалниот малеол и навлегуваат по плантарната површина. Тоа ги прави да бидат силни супинатори. Mm.tibialis posterior, mm.extensor digitorum longus и гореспоменатиот нервно-сатов сноп поминуваат во тарзалниот канал, непосредно под флексорниот ретинакулум. Тетивата на mm.extensor hallucis longus поминува подлабоко (латерално) во канал, оформен помеѓу tuberculum tali и sustentaculum tali. Излегувајќи по плантарната површина на стапалото, тетивата на mm.extensor hallucis longus поминува помеѓу сезамовидните коски под првиот метатарзофалангеален зглоб и се припојува за плантарната површина на дисталната фаланга на првиот прст. Тетивите на mm.extensor hallucis longus, достигнувајќи ги основите на метатарзалните коски се дели на 4 мали тетиви кои се припојуваат за основите за дисталните фаланги на вториот до петтиот прст. Тетивата на mm.tibialis posterior лежи непосредно вентрално од тетивата на mm.flexor digitorum longus. Дистално тетивата поминува под флексорниот ретинакулум и над делтоидниот лигамент. Потоа се дели на површински и длабоки слоеви, кои што се припојуваат за сите тарзални коски (без талусот) и за некои од централно поставените метатарзални коски. Тие зафаќаат широко место кое му дава можност да го подржува медијалниот надолжен свод. Руптурата на тетивата може да предизвика колапс на медијалниот надолжен свод и депресија на талусот.

Тетивата на mm.tibialis posterior и mm.flexor digitorum longus го користат медијалниот малеол како макара, која го насочува теглењето дорзално од оската на

флексиија и екстензија во талокруралниот зглоб. Флексорниот ретинакулум ги задржува тие тетиви дорзално од медијалниот малеол.

Сите мускули од дорзалната група на потколеницата освен плантарните флексори во талокруралните зглобови се ефективни супинатори во супталарниот зглоб. Дејството на *mm.flexor hallucis longus* и *flexor digitorum longus* се појавува и во дисталните делови на стапалото, како флексиија во метатарзофалангеалните и интерфалангеалните зглобови.

Сите плантарни флексори се активни речиси во целата потпорна фаза, особено помеѓу контактот со целото стапало и крајот на отфрлањето. Нивната активност започнува веднаш кога дорзалните флексори ќе се релаксираат. Од контактот со целото стапало до моментот на почетното одделување на петата од потпората тие се контрахираат ексцентрично, контролирајќи ја дорзалната флексиија која е предизвикана од поместувањето на потколеницата напред фиксираното стапало за подот. По одделувањето на петата од потпората тие започнуваат со концентрична контракција, која го извршува отфрлувањето.

Mm.gastrocnemius учествува целосно во флексиијата на скочниот зглоб, кога коленото е оптегнато. Кај фиксирано стапало, мускулот ја повлекува потколеницата назад. Тој е активен и при кривење, кога работи ексцентрично. При нагло тргнување од низок старт *mm. gastrocnemius* е во услови на еконцентрична контракција, т.е. во исто време се контрахира и скратува како плантарен флексор и се издолжува во коленото, кое се екстензира. Тоа му овозможува да задржи голема контрактилна способност.

Едноставниот *m.soleus* не влијае од позицијата на коленото. Тој е изграден претежно од бавни мускулни влакна, кое го определува неговото дејство како коректор на позицијата во плуждот при стоење. Од друга страна, *mm. gastrocnemius* е изграден од брзи влакна, кое му дава можност да развива експлозивна сила, особено при едновремена екстензија на коленото како и при остар старт, отскок, исправање од клекната позиција и др.

Mm.triceps surae во целина е најмоќниот плантарен флексор. Моќноста му се должи на релативно големиот напречен пресек и релативно долгото рамо на дејствување. Дорзалното продирање на *tuber calcanei* го осигурува моменталното рамо од околу 4.8cm кон оската на движење во талокруралните зглобови, околу двапати подолго од рамото на дејствување на останатите мускули.

Супинаторното дејство на плантарните флексори се обезбедува основно од *mm.tibialis posterior*, *mm.flexor hallucis longus* и *mm.flexor digitorum longus*. *Mm. tibialis posterior* има најизразен супинаторен потенцијал кон супинаторниот зглоб. Широката дистална инсерција, особено за *os naviculare*, му дава можност да го супинира и средниот дел на стапалото. *Mm.triceps surae* исто тегли лесно медијално од предно-задната оска на стапалото и тоа му дава мал супинаторен потенцијал кон задниот дел на стапалото.

Mm.tibialis posterior, *mm.flexor hallucis longus* и *mm.flexor digitorum longus* ја потпомагаат плантарната флексиија во крајот на потпорната фаза при одење. *Mm.flexor hallucis longus* и *mm.flexor digitorum longus* се флексори и во дисталните делови на стапалото и зглобовите на прстите. За време на средната и особено крајната потпора, влечењето на тие мускули, заедно со *mm.lumbricales* и *mm.interossei* притиска на прстите кои се наоѓаат во дорзална флексиија право кон потпората. Тоа ја зголемува контактната површина на прстите кон потпората и соодветно го намалува притисокот врз нив.

Mm.tibialis posterior, *mm.flexor hallucis longus* и *mm.flexor digitorum longus* ја контролираат пронацијата и супинацијата на стапалото за време на одење. *Mm.tibialis posterior* најдолго останува активен од контактот со цело стапало до одделувањето на петата од потпората. При целосниот контакт на стапалото со потпората, *mm.tibialis posterior* го забавува пронаирањето на задниот дел и при неопходност го контролира намалувањето на медијалниот надолжен свод. Преку тие ексцентрични отпори, *mm.tibialis posterior* амортизира дел од силовите оптоварувања.

Во средната и крајната потпора, *mm.tibialis posterior*, *mm.flexor hallucis longus* и *mm.flexor digitorum longus* го насочуваат задниот дел на стапалото кон супинација и ја ротираат потколеницата надвор со што го подржува медијалниот надолжен свод.

Биомеханика на подигањето на прсти

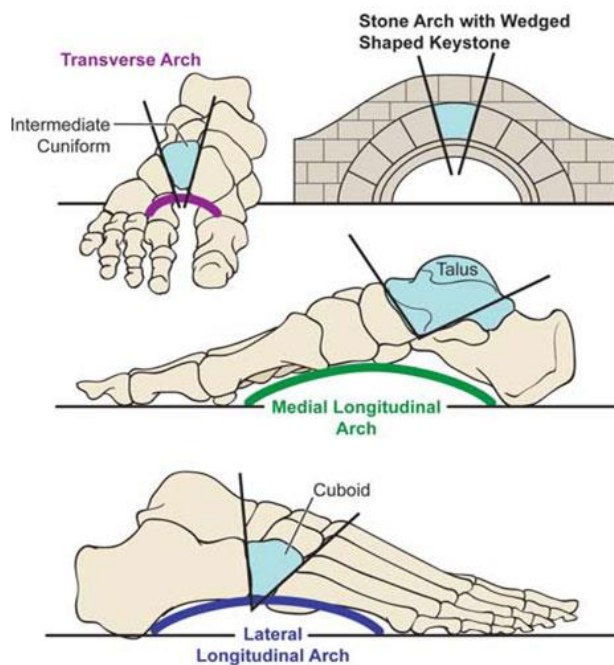
Обично силата на плантарните флексори се мери преку подигањето на прсти. Максималното подигање на прсти бара истовремено дејствување на два ротирачки моменти: едниот дејствува во талокруралниот, а другиот во метатарзофалангеалните зглобови.

Плантарните флексори (*mm.gastrocnemius*) ја предизвикуваат флексијата во талокруралните зглобови. Основниот вртежен момент, извршувајќи го подигањето на прсти обично е тој, кој предизвикува екстензирање во метатарзофалангеалните зглобови. Дејствувајќи кон оската на движење, *mm.gastrocnemius* работи во услови на лост од втор ред, бидејќи дејството на неговото рамо е подолго од тоа на ОЦТ. Таква значајна механичка предност се среќава ретко во мускулно-скелетниот систем. Работејќи во услови на лост од втор ред, при подигање на прсти, *mm.gastrocnemius* дејствува на начин, по кој што човек може да подигне тешко натоварена количка. Мускулите дејствуваат при механичка предност 1:3 т.е. рамото на дејствување е 3 пати подолго од рамото на дејствување на гравитацијата, за да го држи телото подигнато на прсти треба да развие сила со околу 33% од тежината на телото. Многу ретко во мускулно-скелетниот систем еден мускул може да изврши движење продуцирајќи помалку сила од тежината која ја совладува. *Mm.gastrocnemius* всушност треба да се скрати со 3 пати поголема должина, отколку што се подига петата.

Многу е важна максимално-дорзалната флексија во метатарзофалангеалните зглобови на прстите. Причината не е само дека плантарните флексори ја користат потпората врз главите на метатарзалните коски при подигање на прсти, за да го зголемат рамото на дејствување. Екстензијата во овие зглобови ја оптегнува плантарната фасција и така потпомага мускулите на стапалото да го поддржат медијалниот надолжен свод и ригидноста на предниот дел на стапалото, така што стапалото ќе може ефективно да ја издржи тежината на телото.

Сводови на стапалото

Интеракцијата и структурата на коските на стапалото ја даваат оваа заоблена форма. Благодарение на неа се добива механичката карактеристика на извртена коскено-лигаментарна плоча. Предниот раб на плочата е хоризонтално поставен и се формира од редот на главите на метатарзалните коски. Задниот раб е вертикален и се оформува од задниот дел на калканеусот. Така се формираат *надолжниот* и *напречниот свод на стапалото* (сл. II.39).



Сл. II.39 Сводови на стапалото

При оптоварување со тежината на телото сводовите подлегнуваат и лесно се издолжуваат, а при оптоварување се враќаат во првобитната состојба. Извртувањето на плочата ги зголемува сводовите, а скратувањето ги намалува. Овие движења се остваруваат комбинирано во субталарната, трансверзоталарната и тарзо-метатарзалните зглобови. Еластичните својства на стапалото кои произлегуваат од заоблената форма, се од големо значење на нормалната функција. Тие му дозволуваат да акумулира енергија при оптоварување, преку свиткување на коскено-лигаментарна плоча, а потоа да ја ослободува при оптоварување.

Стапалото има три основни свода: два надолжни (медијален и латерален) и еден напречен. Медијалниот и латералниот надолжен свод се разликуваат по коскената структура и специфичната функција на медијалниот и латералниот дел на стапалото.

Медијалниот надолжен свод се смета за основна структура, која го носи оптоварувањето со тежината на телото и ги амортизира новите компресивни сили при контакт со потпората. Тој се гради од *os calcaneus*, *os talus*, *os naviculare*, клинестите и медијалните три метатарзални коски. Се наоѓаат помеѓу петтата и перничната на стапалото по должината на медијалниот раб. Највисоката точка е во областа на талонавикуларниот свод. На овој начин горната зглобна површина на талусот го презема целото оптоварување од тибигјата и го дистрибуира назад кон петната коска и напред, преку *os naviculare* и *os cuneiforme*, кон метатарзалните коски.

Медијалниот надолжен свод е повисок, подвижен и поеластичен од латералниот. Одржувањето се обезбедува од два механизми: активната мускулна тензија и пасивните сили, предизвикани од еластичноста на неконтрактилните структури и коскената конфигурација. При статично стоење, сводот се одржува од пасивните сили. При динамично оптоварување (одење, трчање, скокање) е потребна дополнителна стабилизација од активната мускулна сила, главно од *mm. tibialis posterior*, *mm. flexor digitorum longus*, *mm. flexor hallucis longus* и сопствените мускули на стапалото. Овие мускули можат, како преку концентрично дејствување да ги зголемат сводовите, така и според ексцентрично дејствување да го контролираат падот при товар, подпомагајќи ги на тој начин амортизирачките способности на стапалото.

Најизразена стабилизирачка улога, во однос на медијалниот надолжен свод има плантарната апоневроза, која ги опфаќа латералните и плантарни делови на стапалото. Таа е изградена од исклучително цврсти надолжни и напречни колагени влакна, формирајќи површински и длабок слој. Површинскиот слој е изграден со дебелата кожа и заедно со неа се спротивставува на ножничните сили, обезбедувајќи амортизација при контактот со потпората. Поцврстиот длабок слој проксимално се припојува за *tuber calcanei*. Оттаму латералните и медијални влакна кои покриваат, се припојуваат за површинскиот мускулен слој на стапалото. Главните и густе централни влакна се упатуваат дистално кон главите на метатарзалните коски и се припојуваат за плантарните плочки и фиброзни обвивки на соседните флексорни тетиви.

Позицијата на плантарна апоневроза и дава можност да дејствува како затегнувач на потпорите, формирани од задниот дел од една страна и средниот и предниот дел од другата страна. На овој начин, при оптоварување со тежината на телото, „потпорите“ се подложни на компресија, додека плантарната апоневроза е подложна на истегнување. Важноста на плантарната апоневроза за одржување на сводовите, може да се демонстрира со обемот на екстензија во МТФЗ. При оптоварување со тежината на телото стапалото обемот на екстензија во МТФЗ е помал, поради оптегнувањето на плантарната апоневроза. При слободно стапало во отворен кинетички синџир обемот на екстензијата е поголем. Од истата причина обемот на екстензијата во метатарзофалангеалните зглобови расте, кога стапалото е на подот, а потколеницата се ротира надвор кон него. Движењето на потколеницата во овој случај го супинира задниот дел на стапалото, со што ја релаксира апоневрозата. Односот на плантарната апоневроза со метатарзофалангеалните зглобови овозможува при екстензијата да се оптегнува, со што го зголемува медијалниот надолжен свод и го стабилизира стапалото. Овој феномен се јавува независно дали екстензијата се врши во отворен кинетички синџир од дорзалните флексори на прстите или во затворен кинетички синџир од кревањето на петата нагоре.

Други пасивни структури, кои го обезбедуваат медијалниот надолжен свод се плантарниот калканеонавикуларен лигамент и меѓукоскениот талокалканеарен лигамент. Долгиот и краткиот плантарен лигамент го зајакнуваат латералниот надолжен свод, бидејќи го стабилизираат калканеокубоидниот зглоб, а основното оптоварување на медијалниот надолжен свод поминува преку талонавикуларниот зглоб.

Околу една третина оптоварувањето на предниот дел на стапалото се презема од главата на првата метатарзална коска. Во моментот на преминување од стоење во одење стапалото се пронира од мускулниот напор и во главата на првата и донекаде втората метатарзална коска се прави депресија. На овој начин медијалниот надолжен свод достигнува максимална височина.

Максимална изразеност на сводот од стоење се постигнува и при надворешна ротација на колкот, која се пренесува преку тибијата на талусот и на тој начин предизвикува пасивна инверзија на стапалото во субтаралниот зглоб. Внатрешната ротација на колкот предизвикува обратен ефект - пад на сводот.

Медијалниот свод е поизразен, кога нозете се собрани, отколку кога се раздвоени. Падот на сводот при расчекорен став може да се ограничи преку волева контракција на *mm.tibialis anterior*. *Латералниот надолжен свод* се гради со петната, кубоидната и двете латерални метатарзални коски. Тој оди паралелно со медијалниот надолжен свод, од надворешната страна на стапалото. Највисоката неговата точка е во субтаралниот зглоб. Тоа ја условува и послабата изразеност од медијалниот свод.

Помалата висина и послабата подвижност на латералниот свод го определуваат неговото својство повеќе да го пренесува товарот отколку да ги апсорбира инерционите сили.

Одржувањето на латералниот надолжен свод се осигурува главно од плантарните лигаменти и апоневрозата. Мускулите кои имаат удел во одржувањето на овој свод се *mm.fibularis longus* и плантарните мускули на петтиот прст.

Латералниот свод има поголема контактна површина со потпората во споредба со медијалниот свод. При оптоварување, силите притискаат на меките ткива надолу и затоа обично латералниот раб на стапалото контактира со потпората по целата должина. Медијалниот свод нормално не контактира со потпората и тоа му дава карактеристична плантограма на човечкото стапало при стоење. Отпечатоците на стапалото варираат во зависност од позицијата на нозете: собрани или оддалечени, од развојот на меките ткива и од природата на површината.

Напречниот свод најдобро е изразен во областа на дисталните тарзални и основите на метатарзалните коски. Највисоката точка е во областа на средната клинеста коска. Во основите на метатарзалните коски е послабо изразен и највисоката точка е основата на втората метатарзална коска. Напречниот свод се простира дистално по метатарзалните коски, во областа на главите е значително послабо изразен и највисоката точка претставува главата на втората метатарзална коска. Основна улога за оддржување на напречниот свод на стапалото ја има *mm.fibularis longus*.

Благодарение на заоблената форма, стапалото може да ја комбинира неопходната стабилност и подвижност, кои се од клучно значење за неговата поддршка и целосна функција.

Според стабилноста стапалото може:

- Да пренесува и распределува оптоварување кон целото стапало.
- Да се трансформира во ригиден лост, потребен за отфрлање при одење, трчање, скокање.

Според мобилноста стапалото може:

- Да ги амортизира силите што произлегуваат при оптоварување.
- Да ја адаптира формата кон нерамнините на теренот.
- Да дозволува ротаторни движења на потколеницата, кога стапалото е фиксирано за подот, без да губи контактот со површината.

Бидејќи стапалото не е ригидна структура, распределбата на тежината зависи од моменталната состојба и изразеност на сводовите. Тежината на телото се пренесува директно од потколеницата кон талусот. При нормално стоење, од талусот околу 50% се пренесуваат од субталарниот зглоб кон петата, а останатите 50% преку трансверзотарзалниот зглоб се пренесуваат кон средниот дел и метатарзалните коски. Тоа може да се проследи јасно, ако се разгледа ориентацијата на трабекулите на коските на стапалото.

Преку талонавикуларниот зглоб, кој е помедијално поставен, поминува двапати поголемо оптоварување отколку преку калканеокубоидниот зглоб. Поради тоа главата на првата метатарзална коска има двапати поголема тежина, отколку главите на секоја од останатите метатарзални коски (односот им е приближно 2:1:1:1:1). Оптоварувањето на главите на метатарзалните коски се менуваат за време на одење и е најголемо при метатарзалното отклонување, кога главите на 2-4 метатарзални коски имаат поголем дел од оптоварувањето кон првата и петтата метатарзална коска.

Оптоварувањето во областа на петата, како при стоење, така и при движење има рамномерно распоредена масна подлога. Нејзината функција е особено важна при одењето и трчањето. Кога ќе се сретнат со потпората, за време на одењето, петата има помеѓу 85-100% од оптоварувањето, додека за време на трчање оптоварувањето достигнува до 250%. Амортизирачкиот ефект на масната подлога се намалува со напредувањето на возраста поради промените во колагенот и намалувањето на течноста во меките ткива. Овие промени се забележуваат после четириесетгодишна возраст.

Мобилноста на стапалото ги определува амортизирачките својства и способноста да се адаптира кон нерамнините на теренот. Субталарниот зглоб е лесно супиниран кога е ослободен од товар, а трансверзотарзалниот зглоб е во неутрална позиција. За време на оптоварување, петата оди во валгус, додека главата на талусот оди во плантарна флексија и аддукција. На крај се врши лесна депресија на *os naviculare*. При нормално стоење, без дополнителни товари, овие промени се ограничуваат од капсуло-лигаментарниот апарат, така субталарниот зглоб оди од лесна супинација во неутрална позиција, а трансверзотарзалниот зглоб се пронира максимално. По овој механизам оптоварувањето од тежината на телото се амортизира од компресијата врз зглобната 'рскавица на споменатите зглобови и еластичноста на капсуло-лигаментарниот апарат. Ако предниот дел на стапалото треба да е супиниран, трансверзотарзалните и тарзометатарзалните зглобови се извиткуваат, за да може талусот да остане во истата позиција (непроменета).

Друг аспект на мобилноста на стапалото е во давањето можност за ротаторни движења на потколеницата, кога стапалото е на подот и не го губи контактот со површината. Внатрешното ротирање на тибијата го пронира субталарниот зглоб, со што се јавува компензаторна пронација на предниот дел на стапалото. Тоа предизвикува намалување на сводот и коскено-лигаментарната плоча се скратува и релаксира, со што се зголемуваат адаптивните способности спрема нерамната површина. При надворешна ротација на тибијата, компезаторната реакција на стапалото е обратна. Субталарниот зглоб се супинира, а предниот дел на стапалото се пронира компензаторно за да се зачува контактот со потпората. Така, остеолигаментарната плоча се извиткува дополнително, сводовите се зголемуваат и движечките сегменти на стапалото се заклучуваат со што се ограничуваат адаптивните можности. При надворешна ротација на потколеницата, тарзометатарзалните зглобови можат да се адаптираат само кон нерамната површина, барајќи супинирање, бидејќи со тоа би се намалило оптегнувањето на капсуло-лигаментарните структури.

Проно-супинаторните можности на стапалото при стоење им се дозволува максимална тежина од главите на метатарзалните коски, (независно од положбата на нозете) латералниот раб и петната коска. Овие квалитети на стапалото дозволуваат да се изврши адекватен контакт со потпорната површина, независно од аголот, кој долниот екстремитет се фиксира со неа и да се адаптира кон нерамната површина за време на стоење и одење.

Патокинезиолошки карактеристики на деформациите во областа на стапалото

Секоја патокинезиолошка промена се јавува како дистално, така и проксимално, т.е. се реализира „ефектот на домино“. Поради оваа причина патокинезиолошките отклонувања во областа на скочниот зглоб се разнообразни и непредвидливи.

➤ Рамно стапало (Pes planus)

Терминот рамно стапало означува пад на некои од сводовите на стапалото (сл. II.40). Најчесто се јавува на медијалниот надолжен и/или напречниот свод. Кога петата е наклонета кон надвор во еверзија станува збор за pes planovalgus.

Овој деформитет може да биде вроден или стекнат. Вроденото рамно стапало ретко се среќава (околу 5% од случаите). Според етиологијата, стекнатото рамно стапало може да биде: *статично, трауматично, рахитично и паралитично*. Најчеста е статичното рамно стапало (pes planus staticus), се јавува кај околу 90% од случаите кои имаат стекнато рамно стапало. Деформацијата е двострана и се среќава кај секоја возрастна група. Ризик фактори за појава на статично рамно стапало се: зголемена телесна тежина, функционално оптоварување на стапалата (продолжено стоење, одење, трчање, скокање, носење товар), слабост во мускулите, вродени аномалии. Етиолошки фактори можат да бидат бременоста и посттравматичните имобилизации на долниот екстремитет, особено во дисталниот дел, како и носењето на несоодветни чевли.



Сл. II.40 Рамно стапало (Pes planus)

Некои заболувања на коските (остеохондропатија, рахит), како и зглобниот ревматизам можат да придонесат за појава на рамно стапало. Абнормално зголемената подвижност на стапалото бара поактивно мускулно учество за поддршка на сводовите.

Кај изразено рамно стапало клинички се забележува појава на зголемена болка при одење. На почетокот болката е неопределена, но постепено се локализираат по должината на стапалото, во областа на главите на метатарзалните коски, по *plana pedis*, во областа на малеолите, на медијалниот раб на стапалото и во областа на прстите. Болката може да се појави непосредно пред деформитетот. Се карактеризира со појава на замор при одење и стоење во место. Во некои случаи се забележува оток на стапалото, особено на дорзалната страна.

Се забележува издолжување, особено на медијалниот раб, ширење и сплеснување на стапалото. Сводот на медијалниот раб на стапалото е на почетокот е намален или воопшто го нема. При пад на медијалниот свод, во тешки случаи може да дојде во контакт со подот, а во полесните случаи степенот се определува според линијата на Feiss (во однос на положбата на *os naviculare* спрема главата на првата метатарзална коска).

При пад и на напречниот свод се појавува ширење на предниот дел на стапалото (*pes planus transversus*).

Паралитичното рамно стапало (*pes planus paralyticus*) се среќава почесто од вроденото, обично како последица од детска парализа.

Трауматичното рамно стапало (*pes planus traumaticus*) се добива при трауматска повреда на коските и меките ткива во областа на скочниот зглоб.

Кај некои спортисти, мускулатурата на површината на стапалото може да хипертрофира до степен да ги пополни двата свода на стапалото. Оваа состојба се нарекува лажно рамно стапало (*pseudo pes planus*) и може да се прифати не како патолошка промена, туку како функционално пореметување на стапалото.

Кај деца до 3 до 4 години се забележува физиолошко рамно стапало поради незавршениот процес на развој.

Од патокинезиолошка гледна точка има две основни форми на рамно стапало: ригидна и флексабилна. Ригидната форма е структурна деформација и обично е наследна. Кај оваа деформација медијалниот надолжен свод недостасува како при оптоварување, така и при слободно стапало и при подигање на прсти. Кај оваа форма се нарушува отфрлањето во крајот на опорната фаза. Бидејќи стапалото не може да се супинира и заклучи, не може да ја придобие необходимата цврстина за да дејствува како лост при отфрлањето. Во потешки форми, одењето е во вид на клатење (патешко одење).

Најчеста форма на рамно стапало е таканаречено флексибилно рамно стапало. Карактеристично за него е намалувањето на сводот само при оптоварување со тежината на телото, додека при тешка позиција и при подигање на прсти стапалото зазема заоблена форма. Кај овој вид на рамно стапало лекувањето треба да се насочи кон нормализирање на позицијата на задниот дел при потпора (да не се дозволи зголемено валгус отклонување).

И кај двете форми главата на талусот е отстранет вентрално, медијално и каудално. Тоа предизвикува депресија на *os naviculare*, прерастегнување на плантарниот калканеонавикуларен лигамент и издолжување на *mm. tibialis anterior*.

Од кинезиолошка гледна точка, како и за останатите дисфункции во областа на скочниот зглоб, клучна улога имаат промените во задниот дел на стапалото. Пронаторното отклонување на тој дел предизвикува свиткување на коскено-лигаментарната плоча при оптоварување со тежината на телото. Зголемената пронација во субталарниот и трансверзотарзалниот зглоб може да биде или причина или последица од внатрешно-ротаторното отклонување на долниот екстремитет. Внатрешноротаторниот стрес на долниот екстремитет, стапалото, пронацијата на задниот дел предизвикува секундарни патокинезиолошки промени и симптоми, особено во областа на коленото. Такви се: зголемениот валгусен стрес (оптоварување на медијалниот колатерален лигамент), зголемување на Q-агол и оптоварување на латералната фасетка на пателофеморалниот зглоб.

Падот на медијалниот надолжен свод само од едната страна предизвикува разлика во должината на долните екстремитети, поради падот на оската на движење во талокруралниот зглоб. Тоа предизвикува асиметрична позиција на колкот во фронталната рамнина.

Продолжителното прерастегнување на пасивните и активни структури, подржувајќи го сводот, предизвикува микроруптури и развој на асептички воспалителни реакции.

➤ **Зголемен свод на стапалото (*pes cavus, pes excavatus*)**

Се карактеризира со зголемување на медијалниот надолжен свод на стапалото. Оваа деформација се среќава поретко за разлика од рамното стапало. Се нарушува повеќе функцијата на стапалото додека стабилноста е помалку засегната (сл. II.41).

Деформитетот може да биде предизвикан од вродена патологија (*spina bifida*), полиомиелити, мускулен дисбаланс. Надолжните сводови се зголемени, а главите на метатарзалните коски се пониско поставени спрема задниот дел на стапалото.

Зголемувањето на надолжните сводови предизвикуваат целосно скратување на стапалото. Постепено се променува и коскената конфигурација со што дополнително се задлабочува деформитетот - екстензија во МТФЗ и флексија во ИФЗ.

Напречниот свод се спушта. Променетата позиција и оптоварувањето во тарзалните зглобови постепено предизвикува развој на дегенеративни промени и симптоми на болка.

Супинираната позиција на задниот дел на стапалото го зголемува усукувањето на остео-лигаментарната плоча и предизвикува внатрешно-ротаторен стрес како во областа на скочниот зглоб, така и проксимално кон коленото. При стоење, тежината се презема главно од латералниот дел на стапалото. Тоа предизвикува прерастегнување на лигаментите во таа област и на *mm.fibularis longus*, особено при одење и трчање.

Плантарната апоневроза е опуштена и со текот на времето може да развие адаптивно скратување.

Тазометатарзалните зглобови извршуваат компензаторна пронација, за да го зачуваат контактот со потпората. Тоа предизвикува хронична плантарна флексија на првиот крак.



Сл. II.41 Зголемен свод на стапалото (pes cavus, pes excavatus)

Бидејќи, при зголемен медијален надолжен свод субталарниот и трансверзотарзалниот зглоб се фиксирани, овој деформитет ги нарушува амортизирачките својства на стапалото и способноста да се адаптира кон нерамниот терен при одење. Затоа лицата со зголемен свод не можат да ги издржат продолжителните оптоварувања при стоење, трчање на долги патеки, танц, балет.

За разлика од флексибилната форма на рамното стапало, за зголемениот свод нема ефективно конзервативно лекување. Потребно е да се носат чевли со меки ѓонови.

➤ **Hallux valgus**

Hallux valgus е деформација која предизвикува медијално отклонување на првата метатарзална коска во тарзометатарзалниот зглоб и латерално отклонување на фалангите на првиот прст во метатарзофалангеалниот зглоб. При изразена деформација се предизвикува сублуксација на метатарзофалангеалниот зглоб. Поради зголемениот притисок помеѓу медијалната површина на главата на првата метатарзална коска и обувката, се образува израсток, а бурзата која се наоѓа во таа област често се воспалува. Во некои случаи се предизвикува и коскена пролиферација во областа, која што е компензаторна реакција на организмот за зголемување на контактната површина и намалување на притисокот. Трите фактори: екзостоза, задебелена бурза и израсток по медијалната површина на првиот метатарзофалангеален зглоб формираат задебелување наречено *bunion*. Тоа задебелување не може да се меша со hallux valgus, бидејќи може да се формира и без него.

Bunion може да се формира, како по медијалната страна на првиот МТФЗ така и по латералната површина на петтиот МТФЗ, наречен *bunionette*. Причината е зголемен притисок помеѓу тие две области на стапалото и обувките. Bunion се предизвикува најчесто од зголемен лигаментарен лакситет помеѓу првата и втората метатарзална коска, зголемената пронација на стапалото, контракури на Ахиловата тетива, артрит и др.

Причините за равој на hallux valgus се различни - наследни фактори и фамилијарна историја. Почесто се јавува кај жени, особено при носење на тесни и чевли со тесен врв и високи потпетици. Околу 80 % од случаите на hallux valgus се должат на присуството на metatarsus primus varus. Тоа е абдукциона деформација на првата метатарзална коска, која е отстранета повеќе од нормалните 15°.

Од патокинезиолошка гледна точка, сериозна предуслов за развој на hallux valgus е пронаторната деформација на задниот дел на стапалото и компензаторната супинација на средниот и предниот дел и хипемобилноста на првиот крак. Мускулите флексори се скратени во метатарзофалангеалниот зглоб и прерастегнати во ИФЗ. При изразена деформација линијата на теглење на долгите флексори се поместува латерално кон ИФЗ и МТФЗ и така предизвикуваат штетен ефект, насочен кон задлабочување на деформацијата.

Нормалното валгусно отклонување на проксималната фаланга кон првата метатарзална коска е во границите на 8-20°. При hallux valgus тој агол се зголемува и определува два типа на деформацијата:

Конгруентен hallux valgus - промена во местоположбата помеѓу проксималната фаланга и метатарзалната коска на првиот прст, кога деформацијата не прогресира и отклонувањето е помеѓу 20-30°. Зглобните површини на првиот МТФЗ се конгруентни и проблемот е козметичен.

Патолошки hallux valgus - потенцијална прогресивна деформација, започнува од 20° и достигнува до 60°. Зглобните површини на првиот МТФЗ повеќе не се конгруентни и во некои случаи се јавува сублуксација. Затоа можат да се определуваат две фази: рана девијација и доцна сублуксација.

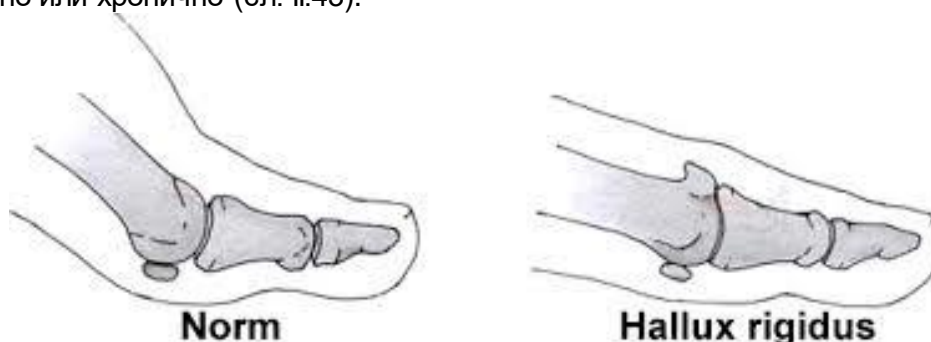
При визуелизација се забележува зголемен простор помеѓу првата и втората метатарзална коска и латерално отклонување на фалангите на првиот лак кон неговата метатарзална коска. Зглобната капсула на првиот МТФЗ е растегната медијално и скратена латерално. Големiot прст се ротира така што нокотот се насочува медијално, поради теглењето на adductor hallucis. Понекогаш овој прст е премногу отстранет што застанува под или над вториот прст (сл. II.42).



Сл. II.42 Hallux valgus

➤ Hallux rigidus

Тоа е состојба на ограничена дорзална флексија во МТФЗ на првиот прст, најчесто поради артрозни промени. Причини за појава на овој деформитет можат да бидат исто така анатомските аномалии или трауми. Заболувањето може да се појави како акутно или хронично (сл. II.43).



Сл. II.43 Hallux rigidus

Акутниот (адолесцентен) тип се забележува почесто кај мажи со издолжени, стеснати и пронирани стапала. Болките и ограничената подвижност се развиваат брзо. Болката е постојана, длабока, ирадирачка и пулсирачка. Првиот МТФЗ е болен при палпација, големиот прст е вкочанет од мускулен спазам. *Хроничниот тип* е многу почесто среќаван и карактеристичен кај повозрасни мажи. Обично се јавува двострано како резултат на хроничен микротрауматизам, кој предизвикува дегеративни промени во првиот МТФЗ. Големиот прст се вкочанува и болката е локализирана во основата на големиот прст и се пројавува при одење.

➤ **Метатарзалгија**

Општиот дискомфорт во област на главите на метатарзалните коски коски се нарекува метатарзалгија. Се јавува од постојано преоптоварување на напречните лигаменти, со што доведува до образување на израстоци по плантарната површина на главите на средните 3 метатарзални коски, особено на втората. Внатрешните фактори обично се: абнормална тежина, валгус искривување на петата, прст-чукче, рамно стапало. При зголемен свод на стапалото исто така се оптоварува предниот дел и тоа може да доведе до метатарзалгија. Надворешни фактори се носењето на тесни чевли, неправилно застанување после отскок, често скокање, прекумерно тренирање или трчање, кои што го оптоваруваат предниот дел на стапалото.

➤ **Turf toe**

Тоа е хиперекстензивна траума, комбинирана со компресивно оптоварување на првиот МТФЗ. Може да создаде значителни дисфункции, особено при спорстски активности, каде што натоварувањето на големиот прст е значајно (трчање, скокање). Најчесто се појавува кај спортисти кои се занимаваат со фудбал, бејзбол, хокеј на трева и др. Состојбата се предизвикува од притисокот на големиот прст со врвот на обувката или од често хиперекстензирање на првиот МТФЗ. Најчеста причина е користење на неквалитетни чевли кои се многу еластични и обувки кои имаат премногу меки подметки. Хиперекстензијата на првиот прст предизвикува дистално поместување на сезамоидните коски кои што преминувајќи преку главата на првата метатарзална коска започнуваат да ја носат тежината на телото. Тоа води до нивна постепена повреда особено ако има валгусен стрес. Луѓето се жалат од болка и оток по плантарната површина на првата метатарзална коска. Екстензијата на големиот прст исто така е болна.

➤ **Мачкино стапало (граблива птица)**

Оваа деформација е идентична со таа во областа на раката - хиперекстезија во МТФЗ и флексија во ИФЗ. Најчестата причина за развој на таква деформација се дисфункциите на *mm.lumbricali* и *interossei*. Тешкотиите можат да се појават само во едното или двете стапала, често придружено со *pes cavus*, *spina bifida* или друга невролошка патологија.

➤ **Прст чукче**

Станува збор за екстензивна позиција на МТФЗ и флексивна позиција на проксималниот ИФЗ. Позицијата во дисталниот ИФЗ е варијабилна. *Mm.interossei* не може да ги задржи проксималните ИФЗ во неутрална позиција и при пад во активен недостаток не можат да извршат флексија во МТФЗ. Како резултат на тоа деформацијата се задлабочува, бидејќи дејството на долгите флексори и екстензори останува некомпензирано. Причините за развој на оваа деформација се мускулни дисфункции, наследни заболувања, неудобни чевли и променета механика поради друга деформација (*hallux valgus*). Многу често деформацијата се јавува само на вториот прст.

➤ **Прст чеканче (Mallet tole)**

Тоа е флексивна деформација на дисталниот ИФЗ. Може да се појави во сите прсти со исклучок на првиот и обично по дорзалната површина на зглобот се создава израсток. Најчесто е асимптоматско и е предизвикано од носење на неудобни чевли.

Патокинезиолошки промени при трауми и заболувања на глуждот и стапалото

➤ Патокинезиологија на траумите на глуждот

Клучно место зазема талусот. Абнормалното ротаторно движење обично предизвикува фрактури на тибијата или фибулата и/или повреда на дисталната тибioфибуларна синдесмоза.

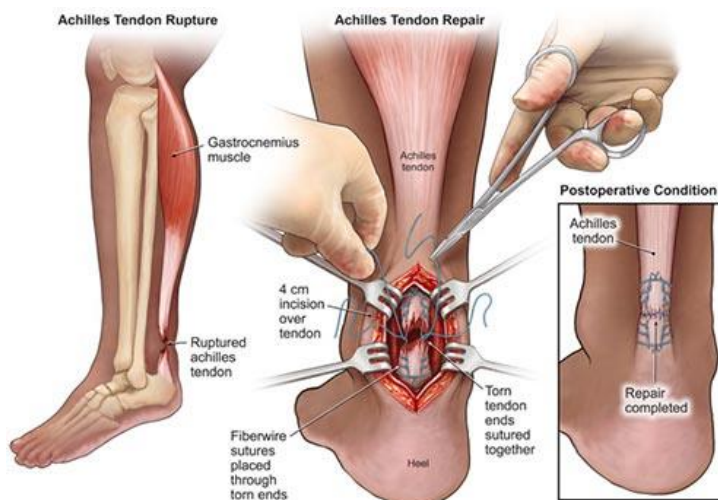
Лигаментарните повреди на зглобот се едни од најчестите во локомоторниот апарат. Поради цврстината, најчесто лигаментите остануваат интактни но предизвикуваат авулзиони фрактури во инсерциите.

Тибioфибуларните зглобови и меѓукоскената тибioфибуларна мембрана се функционално поврзани со талокруралниот зглоб.

Според патокинезиолошките карактеристики постојат четири основни механизми за идентификување на трауми во глуждот:

- Супинаторно-надворешноротаторна траума. Силите приложени на супинирано стапало на почетокот предизвикува руптура на вентралниот тибioфибуларен лигамент (степен I). Ако оваа појава продолжи, се јавува коса фрактура во дисталниот крај на фибулата (степен II). Потоа се јавува фрактура на дорзалниот дел на тибијата (степен III) и кај најтешките случаи се добива фрактура на медијалниот малеол (степен IV).
- Супинаторно-аддукциона траума. Силите, приложени на супинирано стапало, на почеток предизвикува тракциона или авулзиона фрактура на дисталниот дел на фибулата или руптура на латералните лигаменти (степен I). Ако оваа појава продолжи, се јавува фрактура на медијалниот малеол или руптура на делтоидниот лигамент (степен II). Фибуларната фрактура по правило е напречна, додека онаа на медијалниот малеол е коса или на почетокот вертикална.
- Пронаторно-надворешноротаторна траума. Силите, приложени на пронирано стапало предизвикуваат руптура на делтоидниот лигамент или фрактура на медијалниот малеол (степен I). Ако оваа појава продолжи, се јавува коса руптура на вентралниот тибioфибуларен лигамент (степен II). При потешки случаи се јавува висока фибуларна фрактура (степен III) и фрактура на дорзалниот раб на тибијата (степен IV).
- Пронаторно-аддукциона траума. Првите два степени на повреда се идентични како оние на пронаторно-надворешно-ротаторната повреда. Степен III е супрамалеоларна фибуларна фрактура, која може да има и дополнителен латерален фрагмент.

Карактеристична траума во областа на глуждот е *руптура на Ахиловата тетива* (сл. II.44).



Сл. II.44 Руптура на Ахиловата тетива

Настанува како резултат на силна контракција на mm.gastrocnemius или на mm.soleus, најчесто кај лица во напредната возраст со дегенеративни промени во тетивата и кај оние, на кои во минатото е применето кортикостероидно лекување. Кај млади и активни индивидуи руптура може да настане од силни значителни сили при скокови, брз старт или нагло намалување на брзината. Често настануваат при отскок напред за време на спортски игри. Пациентот чувствува како некој да го потчукнал (ритнал) во областа на руптурата.

Полната руптура води до значително слабеење на плантарната флексија и е спроведена со тестот на Томпсон-недостига рефлукторна плантарна флексија на стапалото, кога пациентот лежи на стомак со стиснати прсти.

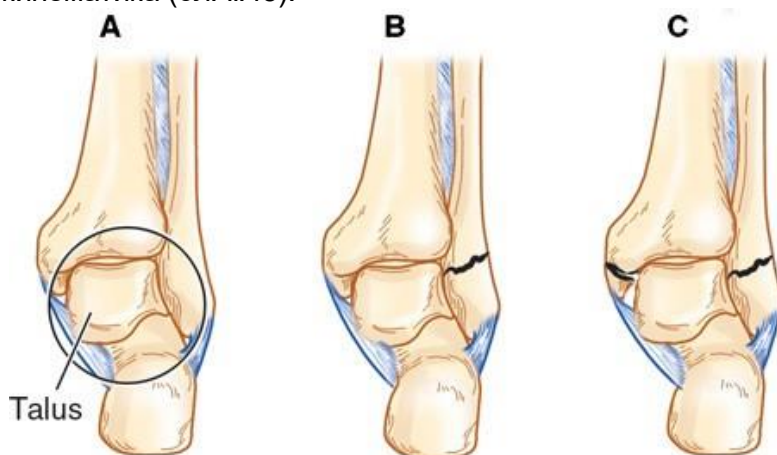
Пациентот тешко оди, криви. Подигањето на прсти само на засегнатата нога е невозможно. На скратеното место се јавува болка при палпација. Кај целосните руптури горниот екстремитет на тетивата се ретрахира 3-4cm - проксимално. Се создава напречна бразда, која подоцна исчезнува поради создавањето на оток во областа на руптурата.

Плантарната флексија е значително послаба, но никогаш не недостига целосно, поради зачуваната функција на плантарната флексија на прстите, коишто придонесуваат за зачувување на околу 15% од нејзината максимална сила.

➤ Патокинезиолошки промени при зглобни патологии на глуждот и стапалото

Областа на глуждот најчесто се засега од остри трауми и ревматоиден артрит (РА).

Најчесто се засегнати талокруралните, субталарните и метатарзофалангеалните зглобови. Основниот патокинезиолошки проблем е ограничувањето на подвижноста. При остри лезии подвижноста во стапалото се ограничува од оток и болка при движење. При хронични состојби ограничената подвижност се должи на зглобни и мускуло-тетивни контрактури и сраснувања, како и нарушена артокинематика (сл. II.45).



Сл. II.45 Зглобни патологии на глуждот

При чисто зглобни патологии во талокруралниот зглоб, пасивната плантарна флексија е поограничена од дорзалната. Многу често се развива хипертонус и скратување на mm.triceps surae и тоа предизвикува доминантно ограничување на дорзалната флексија. Засегањето на талокруралниот зглоб ја ограничува флексо-екстензорната подвижност на стапалото, која е особено важна при одењето. Ограничувањето на дорзалната флексија, релативно го отежнува скратувањето на долниот екстремитет при фазата на замав. Тоа се компензира од поголема флексија на колкот и коленото, поради што одењето станува тромаво и неритмично. Недостатокот на максимална дорзална флексија дава можност на стапалото да го задржи товарот со петата, со што се нарушува нормалниот пренос од петата кон прстите во потпорната фаза. Недостатокот на плантарната флексија го отежнува

крајниот дел на отпорната фаза особено отфрлањето, со што се влошуваат можностите за брзо одење и трчање. Кај субталарниот и трансверзотарзалниот зглоб се ограничува супинацијата.

Кај РА супинацијата се ограничува прогресивно додека стапалото отиде во позиција на пронација, што предизвикува спуштање на медијалниот надолжен свод. Ограничената супинација на средниот и предниот дел на стапалото го отежнува заклучувањето на стапалото и подигањето на прсти. На овој начин се влошува крајната потпора и отфрлањето. Ограничената подвижност во субталарниот зглоб не дава можност на стапалото да се превртува постепено од флексибилната структура, која лесно се прилагодува кон нерамната површина, во ригиден лост, неопходен за отфрлањето во крајот на потпорната фаза и подигањето на прсти. Ограничената пронација на задниот дел на стапалото ја ограничува слободата на стапалото и при добивањето на неопходната еластичност и флексибилност. Ограничената супинација, од друга страна, ја влошува состојбата на фиксирање и превртување во ригиден лост, неопходен за ефективно подигање на прсти и отфрлање (сл. II.46).



Сл. II.46 Ревматоиден артрит на стапалото

Кај метатарзофалангеалните зглобови настанува значајно ограничување на екстензијата и помалку на флексијата. Загубата на екстензија во МТФЗ ја ограничува крајната потпорна фаза и води до неможност за преклопување преку главите на метатарзалните коски. Така се засегнува последниот дел од потпорната фаза и отфрлањето. Особено негативен е недостатокот на полна екстензија на МТФЗ на големиот прст, кој последен останува во контакт со потпората и има големо значење за оптималното отфрлање при трчање, отскок итн. Ограничувањето на екстензијата во МТФЗ на прстите не дозволува оптегнување на плантарната апоневроза, која ја влошува стабилизацијата на сводовите и ја отежнува функцијата на плантарните флексори при подигање на прстите и отфрлање за време на одење.

Ограничувањето на аксесорните движења во проксималните и дисталните тибеофибуларни зглобови може да предизвика намалување на обемот на физиолошките движења во талокруралниот (дорзална и плантарна флексија) и субталарниот (еверзија и инверзија на петата) зглоб.

Стапалото е мултисегментарна структура и различните сегменти имаат различно значење за целокупната функција. Независно од тоа дали симптомите се акутни, субакутни или хронични, ограничената подвижност во зглобовите и мускулната слабост секогаш ја влошуваат способноста за извршување на локомоторни дејности. Кај полесните случаи ограничувањето е минимално и се јавува потребата од користење на помагала. Кај потешките случаи пациентот не може да стапнува на ногата и да оди, со што се јавува потребата од користење на помагала.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. Банков С, Кръстева В, Въжаров Я, Мануално мускулно тестване с основи на кинезиология и патокинезиология, 2-ро издание. Медицина и физкултура, София, 1991
2. Богданов П, Биомеханика на физическите упражнения. Вулкан, София, 2006 ISBN-10: 954-488-098-4 ISBN-13: 978-954-488-098-9
3. Гуч, К., Ланг, Д., Тројаборг, В. Лезии на кранијални и периферни нерви. (2011). Во Роуланд, Л. Меритова Неврологија. Табернакул, 523-543.
4. Кожухаров, К. (1994). Неоперативна травматология. София, Медицина и физкултура.
5. Комико, К., Марота, Џ., Јанјуа, Н. Повреда на 'рбетот. (2011) Во Роуланд, Л. Меритова Неврологија. Табернакул, 502-510.
6. Любенова, Д. (2015). Кинезитерапия при функционални нарушения на горниот крайник след мозъчен инсулт. София, Бетапринт-Петрови и Сие.
7. Любенова, Д., Титянова, Е. (2015) Неврорехабилитация. Во: Учебник по нервни болести - Обща неврология. Под ред. на Титянова Е. Университетско издателство „Св. Климент Охридски“, София, 249-259.
8. Николовска Л, Крстев Т, Василева Д, Страторска Т. (2014). Клиничка кинезитерапија – практикум. УГД, Штип.
9. Попов Н, Кинезиология и патокинезиология на опорно-двигателниот апарат. НСА-ПРЕС, София, 2009 ISBN 978-954-718-245-5
10. Попов Н, Попова Д, Груева Т, Функционално изследвање и анализ во мускулно-скелетната физиотерапија. НСА-ПРЕС, София, 2012. ISBN 978-954-718-329-2
11. Попов Н, Попова Д, Груева, Т. Физиотерапија при мускулно-скелетни дисфункции на долните крайници. НСА-ПРЕС, София, 2013. ISBN 978-954-718-352
12. Сејдел Х, Бол Џ, Дајнс Џ, Бенедикт В, Физички преглед, Магор, Скопје, 2010. ISBN 978-608-223-003-5
13. Хопкинс Џ, Атлас на човечката функционална анатомија. Арс Ламина, Скопје, 2010. ISBN 978-608-4535-95-9
14. Agre, J.C, Magness, J.L, Hull, S.Z et al, (1987) Strength testing with a portable dynamometer (reliability for upper and lower extremities) . Arch Phys Med Rehabil. 68:454–458.
15. Ardolino EM, Hutchinson KJ, Pinto Zipp G, Clark M, Harkema SJ. (2012) The ABLE scale: the development and psychometric properties of an outcome measure for the spinal cord injury population. Phys Ther, 92(8):1046–54
16. Beasley, W.C. (1961) Quantitative muscle testing (principles and applications to research and clinical services) . Arch Phys Med Rehabil. 42:398–425.
17. Boswell-Ruys CL, Harvey LA, Barker JJ, Ben M, Middleton JW, Lord SR. (2010) Training unsupported sitting in people with chronic spinal cord injuries: a randomized controlled trial. Spinal Cord, 48(2):138–43
18. Boswell-Ruys CL, Sturnieks DL, Harvey LA, Sherrington C, Middleton JW, Lord SR. (2009) Validity and reliability of assessment tools for measuring unsupported sitting in people with a spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil, 90(9):1571–7
19. Buff, H.U, Jones, L.C, Hungerford, D.S. (1988) Experimental determination of forces transmitted through the patellofemoral joint. J Biomech. 21:17–23.
20. Burnfield, J.M, Josephson, K.R, Powers, C.M, Rubenstein, L.Z. (2000) The influence of lower extremity joint torque on gait characteristics in elderly men. Arch Phys Med Rehabil. 81:1153–1157.
21. Cook, T.M, Farrell, F.P, Carey, I.A, Gibbs, J.M, Wiger, G.E. (1997) Effects of restricted knee flexion and walking speed on the vertical ground reaction force during gait. J Ortho Sports Phys Ther. 25:236–244.
22. Devereaux, M, Lachmann, S. (1984) Patellofemoral arthralgia in athletes attending a sports injury clinic. Br J Sports Med. 18:18–21.
23. Dillon, P.Z, Updyke, W.F, Allen, W.C. (1983) Gait analysis with reference to chondromalacia patellae. J Ortho Sports Phys Ther. 5:127–131.

24. Dukic D, Atanackovic T. (1993). *Mehanika*, Univerzitet u Novom Sadu, FTN
25. Duncan, P.W, Weiner, D.K, Chandler, J, Studenski, S. (1992) Functional reach (a new clinical measure of balance) . *J Gerontol*. 45:M192–M197.
26. Ferrucci, L, Guralnik, J.M, Buchner, D et al, (1997) Departures from linearity in relationship between measures of muscular strength and physical performance of the lower extremities (the Women's Health and Aging Study) . *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 52:M275–M285.
27. Field-Fote EC, Ray SS. (2010) Seated reach distance and trunk excursion accurately reflect dynamic postural control in individuals with motor-incomplete spinal cord injury. *Spinal Cord*, 48(10):745–9
28. Findak V., I. Prskalo (2004). *Kineziološki leksikon*. Petrinja: Visoka učiteljska škola u Petrinji
29. Gagnon D, Nadeau S, Desjardins P, Noreau L. (2008) Biomechanical assessment of sitting pivot transfer tasks using a newly-developed instrumented transfer system among long-term wheelchair users. *J Biomech*, 41:1104–10
30. Grangeon M, Gagnon D, Gauthier C, Jacquemin G, Masani K, Popovic MR. (2012) Effects of upper limb positions and weight support roles on quasi-static seated postural stability in individuals with spinal cord injury. *Gait Posture*, 36(3):572–9
31. Grigorenko A, Bjerkefors A, Rosdahl H, Hultling C, Alm M, Thorstensson A. (2004) Sitting balance and effects of kayak training in paraplegics. *J Rehabil Med*, 36(3):110–6
32. Hislop, H.J, Montgomery, J. (2002) Daniels and Worthingham's muscle testing. in: 7th ed. WB Saunders, Philadelphia.
33. Hungerford, D.S, Lennox, D.W. (1983) Rehabilitation of the knee in disorders of the patellofemoral joint: Relevant biomechanics. *Orthop Clin North Am*. 14:397–402.
34. Ismail, A. H. (1976). *Integralni razvoj, teorija i eksperimentalni rezultati*. *Kineziologija* 6 (1-2): 9-28
35. James, S. (1979) *The Injured Adolescent Knee*. Williams & Wilkens, Baltimore.
36. Jorgensen V, Elfving B, Opheim A. (2011) Assessment of unsupported sitting in patients with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 49(7):838–43
37. Kadaba, M.P, Ramakrishnan, H.K, Wooten, M.E, Gainey, J, Gorton, G, Cochran, G.V.B. (1989) Repeatability of kinematic, kinetic and electromyographic data in normal adult gait. *J Orthop Res*. 7:849–860.
38. Kadaba, M.R, Ramakrishnan, H.K, Wooten, M.E, Gainey, J, Gorton, G, Cochran, G.V.B. (1989) Repeatability of kinematic, kinetic and electromyographic data in normal adult gait. *J Orthop Res*. 7:849–860.
39. Kamper D, Barin K, Parnianpour M, Reger S, Weed H. (1999) Preliminary investigation of the lateral postural stability of spinal cord-injured individuals subjected to dynamic perturbations. *Spinal Cord*, 37(1):40–6
40. Kendall, F.P, McCreary, E.K, Provance, P.G. (1993) *Muscles testing and function*. in: 4th ed. Williams & Wilkins, Baltimore.
41. Kerr HM, Eng JJ. (2002) Multidirectional measures of seated postural stability. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 17(7):555–7
42. Kirshblum SC, Burns SP, Biering-Sorensen F, Donovan W, Graves DE, Jha A, et al. for American Spinal Injury Association International Standards of Neurological Classification of the Spinal Cord Injury (ISNCSCI) revised 2011. *J Spinal Cord Med*, 34(6):535–46
43. Kisner C, Colby L. (1996). *Therapeutic Exercise. Foundations and Techniques*. Ed 3. Philadelphia, FA Davis.
44. Landis, J.R, Koch, G.G. (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 33:159–174.
45. Levine, J. (1979) Chondromalacia patellae. *Physician and Sportsmed*. 7:41–49.
46. Lovett, R.W. (1916) *The treatment of infantile paralysis*. Blakiston's Son, Philadelphia.
47. Lynch SM, Leahy P, Barker SP. (1998) Reliability of measurements obtained with a modified functional reach test in subjects with spinal cord injury. *Phys Ther*, 78(2):128–33

48. Majkic, M. (1974). Kineziometrija. Zagreb, Medicinska naklada
49. Majkic, M. (1988). Uvod u klinicku kineziologiju, 3 - to izmenjeno izdanje. Zagreb: Skola za medicinske sestre i tehnicare
50. Majkic, M. (1989). Klinicka kineziometrija 3 - to izdanje. Zagreb: Skola za medicinske sestre i tehnicare
51. Malina, R. M., C. Bouchard, (1991). Growth, Maturation, and physical activity. USA: Human Kinetics Books
52. Maquet PG. (1984) Biomechanics of the Knee. 2nd ed. New York, NY: Springer.
53. Masani K, Sin VW, Vette AH, Thrasher TA, Kawashima N, Morris A, et al. (2009) Postural reactions of the trunk muscles to multi-directional perturbations in sitting. Clin Biomech (Bristol, Avon), 24(2):176–82
54. Medley A, Thompson M. (2011) Development, reliability, and validity of the Sitting Balance Scale. Physiother Theory Pract, 27(7):471–81
55. Minkel JL. (2000) Seating and mobility considerations for people with spinal cord injury. Phys Ther. 80(7):701–9
56. Mraković, M. (1992). Uvod u sistematsku kineziologiju. Zagreb, Fakultet za FK
57. Mraković, M. (1997). Uvod u sistematsku kineziologiju. Zagreb, Fakultet za FK
58. Nadeau S, Desjardins P, Briere A, Roy G, Gravel D. (2008) A chair with a platform setup to measure the forces under each thigh when sitting, rising from a chair and sitting down. Med Biol Eng Comput, 46(3):299–306
59. Nadeau, S, Gravel, D, Hebert, L.J, Arsenault, A.B, Lepage, Y. (1997) Gait study of patients with patellofemoral pain syndrome. Gait & Posture. 5:21–27.
60. Opavsky, P.(1971). Osnovi biomehanike - drugo izdanje, Beograd: Naucna knjiga
61. Perry J. (1992) Gait Analysis: Normal and Pathological Function. Slack Inc., Thorofare, NJ.
62. Perry, J. (1992) Gait analysis, normal and pathological function. Slack, Thorofare.
63. Portney LG, Watkins MP. Correlation. In: Cohen M, editor. (2009) Foundations of clinical research: applications to practice. 3rd ed New Jersey: Pearson Prentice Hall; p. 523–38.
64. Powers, C.M, Landel, R, Perry, J. (1996) Timing and intensity of vastus muscle activity during functional activities in subjects with and without patellofemoral pain. Phys Ther.76:946–955.
65. Powers, C.M, Perry, J, Hsu, A, Hislop, H.J. (1997) Are patellofemoral pain and quadriceps strength associated with locomotor function?. Phys Ther. 77:1063–1074.
66. Powers, C.M, Rao, S, Perry, J. (1995) Loading characteristics in subjects with patellofemoral pain. Gait & Posture. 3:85.
67. Preuss R, Fung J. (2008) Musculature and biomechanics of the trunk in the maintenance of upright posture. J Electromyogr Kinesiol, 18(5):815–28
68. Preuss RA, Popovic MR. (2010) Quantitative analysis of the limits of stability in sitting. J Appl Biomech, 26(3):265–72
69. Radin, E.L, Orr, R.B, Kelman, J.L, Paul, I.L, Rose, R.M. (1982) Effect of prolonged walking on concrete on the knees of sheep. J Biomech. 15:487–492.
70. Radin, E.L, Paul, I.L. (1971) Response of joints to impact loading. I. In vitro wear. Arthr Rheum. 14:356–362.
71. Radin, E.L, Yang, K.H, Riegger, C, Kish, V.L, O'Connor, J.J. (1991) Relationship between lower limb dynamics and knee joint pain. J Orthop Res. 9:398–405.
72. Rantanen, T, Guralnik, J.M, Izmirlian, G et al, (1998) Association of muscle strength with maximum walking speed in disabled older women. Am J Phys Med Rehabil. 77:299–305.
73. Reilly, D.T, Martens, M. (1972) Experimental analysis of the quadriceps muscle force and patello-femoral joint reaction force for various activities. Acta Orthop Scand. 43:126–137.
74. Reuben, D.B, Siu, A.L. (1990) An objective measure of physical function of elderly outpatients. The Physical Performance Test. J Am Geriatr Soc. 38:1105–1112.
75. Rothstein J. (1986) Pathokinesiology—A Name for Our Times? Physical Therapy, Volume 66, Issue 3, 1, 364–365,
76. Salsich, G.B, Mueller, M.J. (1997) Relationships between measures of function,

- strength and walking speed in patients with diabetes and transmetatarsal amputation. *Clin Rehabil.* 11:60–67.
77. Seelen HA, Potten YJ, Drukker J, Reulen JP, Pons C. (1998) Development of new muscle synergies in postural control in spinal cord injured subjects. *J Electromyogr Kinesiol*, 8(1):23–34
 78. Seelen HA, Potten YJ, Huson A, Spaans F, Reulen JP. (1997) Impaired balance control in paraplegic subjects. *J Electromyogr Kinesiol*, 7(2):149–60
 79. Shirado O, Kawase M, Minami A, Strax TE. (2004) Quantitative evaluation of long sitting in paraplegic patients with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*, 85(8):1251–6
 80. Skinner, S.R, Antonelli, D, Perry, J, Lester, D.K. (1985) Functional demands on the stance limb in walking. *Orthopedics*. 8:355–361.
 81. Skinner, S.R, Barnes, L.A, Perry, J, Parker, J. (1980) The relationship of gait velocity to the rate of lower extremity loading and unloading. *Trans Orthop Res Soc*. 5:273.
 82. Sprigle S, Maurer C, Holowka M. (2007) Development of valid and reliable measures of postural stability. *J Spinal Cord Med*, 30(1):40–9
 83. Stokes IA, Gardner-Morse M. (1999) Quantitative anatomy of the lumbar musculature. *J Biomech*;32(3):311–6
 84. Titianova, E. (2014). Hemiparetic Gait in Stroke Neurorehabilitation. *Neurosonology and cerebral hemodynamics*, 10 (2), 123-130.
 85. Vasileva, D., Lubenova, D., Mihova, M. (2014). Postural Control and Balance Reactions in Patients With Ischemic Stroke in the Chronic Period. *Sport, Stress, Adaptation - Scientific Journal, Extra issue*, 648-652.
 86. Wadsworth, C.T, Krishnan, R, Sear, M, Harrold, J, Nielson, D.H. (1987) Intrarater reliability of manual muscle testing and hand-held dynamometric muscle testing. *Phys Ther*. 67:1342–1347.
 87. Walker, J. (1986) Research in Pathokinesiology—What, Why, and How. *Physical Therapy*, Volume 66, Issue 3, 382–386
 88. Waters, R.L, Perry, J, McDaniels, J.M, House, K. (1974) The relative strength of the hamstrings during hip extension. *J Bone Joint Surg Am*. 56:1592–1597.
 89. Winter, D.A. (1984) Kinematic and kinetic patterns in human gait: Variability and compensating effects. *Human Mov Sci*. 3:51–76.
 90. Zec, Z. (1984). *Osnovi Kineziologije—IV-to izdanje*. Beograd: Medicinski fakultet
 91. Zee, Z. (1972). *Osnovi kineziologije*. Beograd: Institut za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju
 92. Zee, Z., Konforti, N. (1982) *Ispitivanje snage misica*. Beograd: Visa medicinska skola
 93. Zivanovic, S., Stajkovic, A.(1987) *Kineziologija*, 2. izdanje, Beograd: Zavod za udzbenike i nastavna sredstva.

БИОГРАФСКИ ПОДАТОЦИ



ПРОФ. Д-Р ИВАН ТОПУЗОВ Е ПРОФЕСОР НА МЕДИЦИНСКИОТ УНИВЕРЗИТЕТ – ПЛЕВЕН, БУГАРИЈА. ЗАВРШУВА ВИСОКО ОБРАЗОВАНИЕ НА МЕДИЦИНСКАТА АКАДЕМИЈА ВО СОФИЈА И Е СО НАД 45 ГОДИШНА АКАДЕМСКА КАРИЕРА ВО ОБЛАСТА НА МЕДИЦИНАТА. ПРЕТСЕДАТЕЛ Е НА БУГАРСКАТА НАУЧНА АСОЦИЈАЦИЈА ПО СПОРТСКА МЕДИЦИНА И КИНЕЗИТЕРАПИЈА. ЧЛЕН Е НА МНОГУБРОЈНИ НАУЧНИ И ОПШТЕСТВЕНИ ОРГАНИЗАЦИИ ВО ОБЛАСТА НА МЕДИЦИНАТА И СПОРТОТ.

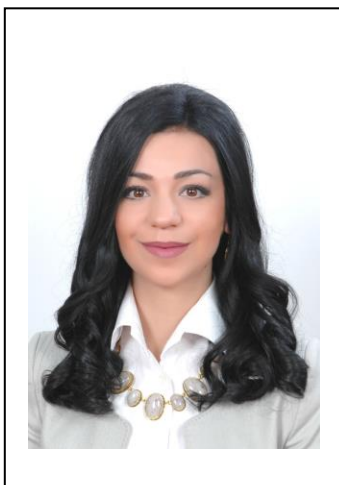


ДОЦЕНТ Д-Р ЛЕНЧЕ НИКОЛОВСКА Е РОДЕНА НА 26 ЈАНУАРИ 1970 ГОДИНА ВО КОЧАНИ. ОСНОВНО И СРЕДНО ОБРАЗОВАНИЕ ЗАВРШУВА ВО КОЧАНИ. ЗАВРШУВА ЧЕТИРИГОДИШНИ ДОДИПЛОМСКИ СТУДИИ НА КАТЕДРАТА ПО КИНЕЗИТЕРАПИЈА НА ЈЗУ „НЕОФИТ РИЛСКИ“ – БЛАГОЕВГРАД, РЕПУБЛИКА БУГАРИЈА И СЕ СТЕКНУВА СО ЗВАЊЕ ДИПЛОМИРАН КИНЕЗИТЕРАПЕВТ. СВОЕТО ОБРАЗОВАНИЕ ГО ПРОДОЛЖУВА НА УНИВЕРЗИТЕТОТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ – ВЕЛИКО ТРНОВО, РЕПУБЛИКА БУГАРИЈА, КАДЕ ШТО ЗАВРШУВА ПОСТДИПЛОМСКИ, МАГИСТЕРСКИ СТУДИИ, ВО НАУЧНАТА ОБЛАСТ КИНЕЗИТЕРАПИЈА И СПОРТСКА ПЕДАГОГИКА. ВО 2014 ГОДИНА ЗАВРШУВА ТРЕТ ЦИКЛУС ДОКТОРСКИ СТУДИИ ВО НАУЧНАТА ОБЛАСТ

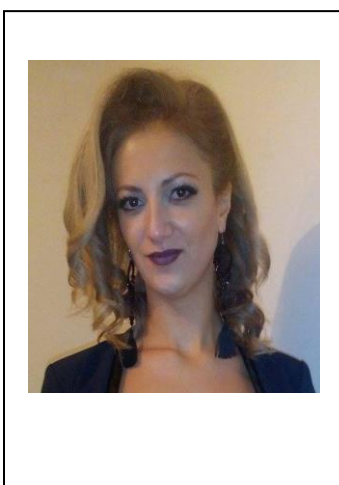
КИНЕЗИТЕРАПИЈА НА ФАКУЛТЕТОТ ЗА ЈАВНО ЗДРАВЈЕ И СПОРТ ПРИ ЈЗУ „НЕОФИТ РИЛСКИ“ – БЛАГОЕВГРАД, РЕПУБЛИКА БУГАРИЈА



ДОЦЕНТ Д-Р ТОШЕ КРСТЕВ Е КИНЕЗИТЕРАПЕВТ. ВО 2016 ГОДИНА СЕ СТЕКНУВА СО ОБРАЗОВЕН И НАУЧЕН СТЕПЕН „ДОКТОР“ НА ФАКУЛТЕТОТ ЗА ОПШТЕСТВЕНО ЗДРАВЈЕ, ЗДРАВСТВЕНИ ГРИЖИ И СПОРТ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТ „НЕОФИТ РИЛСКИ“ - БЛАГОЕВГРАД, РЕПУБЛИКА БУГАРИЈА. ОД 2007 ГОДИНА РАБОТИ НА ФАКУЛТЕТОТ ЗА МЕДИЦИНСКИ НАУКИ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ - ШТИП КАКО АСИСТЕНТ. УЧЕСНИК Е НА ПОВЕЌЕ МЕЃУНАРОДНИ И ДОМАШНИ КОНГРЕСИ, СИМПОЗИУМИ И СЕМИНАРИ. ЧЛЕН Е НА ЗДРУЖЕНИЕТО НА ФИЗИОТЕРАПЕВТИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА.



ДОЦЕНТ Д-Р ДАНЧЕ ВАСИЛЕВА Е КИНЕЗИТЕРАПЕВТ. ВО 2016 ГОДИНА СЕ СТЕКНУВА СО ОБРАЗОВЕН И НАУЧЕН СТЕПЕН „ДОКТОР“ НА ФАКУЛТЕТОТ ЗА КИНЕЗИТЕРАПИЈА, СПОРТСКА АНИМАЦИЈА И ТУРИЗАМ ПРИ НАЦИОНАЛНА СПОРТСКА АКАДЕМИЈА „ВАСИЛ ЛЕВСКИ“ ВО СОФИЈА, БУГАРИЈА. ВРАБОТЕНА Е НА ФАКУЛТЕТОТ ЗА МЕДИЦИНСКИ НАУКИ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ ВО ШТИП И Е АНГАЖИРАНА НА СТУДИСКИТЕ ПРОГРАМИ ЗА ФИЗИОТЕРАПЕВТИ И ОПШТА МЕДИЦИНА. УЧЕСНИК Е СО УСНИ И ПОСТЕР ПРЕЗЕНТАЦИИ НА МЕЃУНАРОДНИ И ДОМАШНИ КОНФЕРЕНЦИИ, НА СИМПОЗИУМИ И КОНГРЕСИ ПО КИНЕЗИТЕРАПИЈА, МЕДИЦИНА И НЕВРОЛОГИЈА. АВТОР Е НА НАД 25 ПУБЛИКАЦИИ ВО ДОМАШНИ И МЕЃУНАРОДНИ СПИСАНИЈА.



М-Р ТАМАРА СТРАТОРСКА Е МЕДИЦИНСКИ РЕХАБИЛИТАТОР И ЕРГОТЕРАПЕВТ. ВО 2011 ГОДИНА СЕ СТЕКНУВА СО ОБРАЗОВЕН И НАУЧЕН СТЕПЕН „МАГИСТЕР“ НА „МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРЗИТЕТ“ - ПЛЕВЕН ВО РЕПУБЛИКА БУГАРИЈА. ОД 2010 ГОДИНА РАБОТИ НА ФАКУЛТЕТОТ ЗА МЕДИЦИНСКИ НАУКИ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ - ШТИП КАКО СТРУЧЊАК ОД ПРАКСА. УЧЕСНИЧКА Е НА ПОВЕЌЕ МЕЃУНАРОДНИ И ДОМАШНИ КОНГРЕСИ, СИМПОЗИУМИ И СЕМИНАРИ. ЧЛЕН Е НА ИЗВРШНИОТ ОДБОР ВО ЗДРУЖЕНИЕТО НА ФИЗИОТЕРАПЕВТИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА.

(ISBN 978-608-244-545-8)